

Avaliação bibliográfica dos valores de doses em mulheres grávidas e no feto durante procedimentos de medicina nuclear

Kevellyn Cristina Spirandeli Mutão
Instituto de Física
Universidade Federal de Uberlândia
Uberlândia, Brasil
ORCID: 0000-0001-6966-2924

Lucio Pereira Neves
Instituto de Física
Faculdade de Engenharia Elétrica-
Programa de Pós-Graduação em
Engenharia Biomédica Universidade
Federal de Uberlândia
Uberlândia, Brasil
ORCID:0000-0001-9152-7972

Ana Paula Perini
Instituto de Física
Faculdade de Engenharia Elétrica-
Programa de Pós-Graduação em
Engenharia Biomédica Universidade
Federal de Uberlândia
Uberlândia, Brasil
ORCID: 0000-0003-3398-3165

Resumo — Atualmente, com o desenvolvimento das técnicas na medicina, novos métodos e procedimentos estão surgindo, tais como a medicina nuclear. Esta é uma técnica que utiliza um medicamento conhecido como radiofármaco, contendo material radioativo, e como consequência, pacientes e equipe médica são expostos à radiação ionizante. A medicina nuclear tem sido muito utilizada para tratamentos e diagnósticos, incluindo procedimentos em mulheres grávidas. Contudo, esta categoria apresenta singularidades devido à radiosensibilidade do feto e às consequências dessa exposição. Portanto, este trabalho trará uma revisão bibliográfica sobre doses em pacientes grávidas e no feto durante procedimentos de medicina nuclear. Assim, foi realizada uma pesquisa na plataforma *Google Scholar*, utilizando-se de palavras chaves e critérios ligados ao tema. Após isto, foram escolhidos artigos e materiais que contribuíssem com a temática, selecionando e fichando as informações mais relevantes. Depois disto, os dados escolhidos foram avaliados e comparados em uma tabela presente nesse trabalho. Assim, após avaliação, foi possível compreender que as doses que tais pacientes receberam durante a prática da medicina nuclear, apresentadas nos artigos estudados neste trabalho, estavam abaixo do limiar para ocorrência de reações teciduais, consequentemente, dentro de valores aceitáveis.

Palavras-chave — *Medicina nuclear, dose efetiva, dose absorvida, grávida, feto*

Abstract — Nowadays, with the development of the techniques in medicine, new methods and procedures are emerging, such as nuclear medicine. This is a technique that uses a medicament known as radiotracer, which presents a radioactive material, and therefore, occurring exposure to ionizing radiation. The nuclear medicine has been used for treatment and diagnostic. Whereas, this category presents singularities due to the fetus radiosensitivity and the consequences of that exposition. Therefore, this work will bring a literature review about doses in pregnant patients and fetus during nuclear medicine procedures. Thus, a search was conducted on the *Google Scholar* platform, using of key words and criteria related to the theme. After that, we selected papers and materials that contributed to the theme, selecting and summarizing the most relevant information. After that, the chosen data were evaluated and compared in a table present in this work. Hence, afterwards analysis, was possible to understand that the doses such patients receive during the nuclear medicine practice, presented in the papers evaluated in this work, were below the threshold for tissue reactions, consequently, within acceptable values.

Keywords — *Nuclear medicine, effective dose, absorbed dose, pregnant, fetus*

I. INTRODUÇÃO

A medicina nuclear é uma especialidade médica que utiliza radiofármacos em conjunto com equipamentos de imagens, tendo como finalidade realizar diagnósticos e tratamentos [1]. Este tipo de técnica é não invasiva e emprega o uso de uma substância radioativa que mapeará as áreas de relevância. Dessa forma, com o auxílio de dispositivos de formação de imagem é possível analisar o funcionamento dos órgãos e tecidos [2]. Com isso, vem crescendo o número de pessoas que são submetidas a esse tipo de exame. Contudo, grupos como mulheres grávidas necessitam de uma atenção especial, principalmente no fator relacionado a dose que elas e o feto recebem durante o procedimento.

Assim, como expresso anteriormente, gestantes demandam uma certa atenção em procedimentos que envolvam a medicina nuclear. Isto ocorre pelo fato de o embrião também ser exposto à radiação durante o procedimento. O feto apresenta uma elevada radiosensibilidade, advinda da alta taxa de reprodução celular associada a uma baixa diferenciação da célula [3]. Entretanto, gestantes apresentam a mesma radiosensibilidade de uma mulher que não está grávida [4].

Outrossim, o feto poderá sofrer danos devido a exposição à radiação ionizante, visto que estes serão dependentes do estágio da gestação e do valor de dose absorvida [4]. À vista disto, em virtude da alta taxa de crescimento, o primeiro trimestre de gestação é o mais radiosensível, sendo seguido pelo segundo trimestre, no qual há o início da formação dos órgãos, e por fim o terceiro trimestre, sendo este o período de menor radissensibilidade [5].

Além disso, o desenvolvimento do dano também está relacionado ao valor de dose absorvida pelo feto. Os efeitos biológicos que podem ocorrer são o estocástico e reações teciduais. O primeiro não necessita de um limiar de dose para acontecer, contudo, a probabilidade de desenvolvimento do dano é proporcional a dose recebida. Com isso, um dos impactos mais relevantes seria o desenvolvimento de neoplasias [6]. Já, no caso da reação tecidual, existe um limiar de dose para a sua ocorrência, agravando a lesão de forma proporcional com a dose absorvida. Desse modo,

apresentando danos como eritema, infertilidade, necrose tecidual entre outros [6].

Como apresentado previamente, o feto quando exposto a determinado limiar de dose pode desenvolver reações teciduais. Logo, estes danos podem ser aborto espontâneo, malformações congênitas, redução do desenvolvimento cerebral, perda média do quociente de inteligência [5] e microcefalia. Destarte, estas implicações possuem como limiar de dose para desenvolvimento, valores entre 100 e 200 mGy [7].

Posto isso, compreende-se que é necessário realizar uma revisão bibliográfica dos valores de dose que mulheres grávidas e fetos recebem durante os procedimentos de medicina nuclear. Associado a isto, é de suma importância a aplicação de protocolos e diretrizes durante esses processos, como por exemplo, os mencionados na publicação da Comissão Internacional de Proteção Radiológica (ICRP 84), "*Pregnancy and Medical Radiation*", [8,9]. Além disso, também é necessário a execução do princípio ALARA, ou seja, manter as doses tão baixas quanto razoavelmente exequíveis [10]. Desse modo, é possível tornar seguro e eficiente os procedimentos de medicina nuclear que englobem gestantes e os fetos.

II. OBJETIVOS

O trabalho possui como objetivo realizar o levantamento e análise dos valores de doses recebidos por gestantes e fetos durante procedimentos que envolvam medicina nuclear.

III. METODOLOGIA

O trabalho foi desenvolvido com base em artigos e pesquisas científicas relacionadas ao tema proposto. Dessa forma, a procura foi realizada em bibliotecas online. Posteriormente, foi executado o fichamento do material, selecionando os pontos e assuntos de maior importância. Por fim, elaborou-se uma revisão bibliográfica sobre o tema, possuindo como base os dados selecionados da forma descrita previamente.

Com isso, o trabalho consistiu em uma pesquisa de caráter descritivo e exploratório, desenvolvendo assim, um levantamento e análise dos dados selecionados. Para isto, foi utilizada a plataforma *Google Scholar*. Nesta, foram usadas palavras chaves como: medicina nuclear, feto, gestante, dose absorvida, dose efetiva, dosimetria, e em inglês: *nuclear medicine, fetus, pregnant, absorbed dose, effective dose e dosimetry*.

Os critérios utilizados para a seleção dos materiais foram: (i) procedimentos que envolvessem medicina nuclear; (ii) pacientes grávidas que foram submetidas a procedimentos de medicina nuclear; (iii) apresentar valores de dose efetiva recebida pela gestante; (iv) mostrar valores de dose absorvida pelo feto e (v) artigos que foram publicados entre os anos de 1990 e 2020. Inicialmente foram encontrados 17 artigos ao todo, e após a aplicação dos critérios de seleção, 9 foram selecionados para avaliação neste trabalho.

Desse modo, para a organização dos dados, foi desenvolvida a Tabela I (apresentada na seção IV). Nesta, foram colocados os parâmetros selecionados para análise, como, tempo de gestação, tipo de procedimento, radiofármaco usado e sua atividade, valor de dose efetiva recebida pela gestante e valor de dose absorvida pelo feto. Em seguida, estas informações foram comparadas entre si.

IV. RESULTADOS E DISCUSSÕES

Os resultados apresentados nessa seção são oriundos dos dados apresentados nos 9 artigos que foram previamente selecionados. Assim, por meio da revisão bibliográfica, foi desenvolvida uma tabela comparando informações como valor de dose efetiva recebida pela grávida e dose absorvida recebida pelo feto durante os procedimentos de medicina nuclear. Ademais, parâmetros como tempo de gestação, tipo de procedimento, radiofármaco utilizado e atividade do medicamento também foram correlacionados.

Dessa maneira, os valores encontrados para dose absorvida no feto e dose efetiva recebida pela gestante tiveram variações. Isto ocorre pelo fato das pacientes terem diferentes tempos de gestação e terem sido submetidas a diversos tipos de procedimentos. Também, foram usados diferentes radiofármacos, com atividades diferentes. Além disso, a variação de protocolo utilizado em cada caso também contribuiu para as diferenças apresentadas.

Outrossim, ao analisar os dados apresentados na Tabela I, é possível observar que o maior valor de dose efetiva recebida pela gestante foi de 4,41 mSv [11]. Este valor foi referente ao procedimento de tomografia por emissão de pósitrons + tomografia computadorizada (PET/CT) realizado em uma paciente grávida de gêmeos, com o tempo de gestação em torno de 6 meses. O radiofármaco utilizado foi fluordioxiglicose (^{18}F -FDG), com atividade de 188 MBq. Neste caso, por ser uma gestação múltipla, os fetos apresentaram valores distintos de dose absorvida, tendo em vista que o posicionamento variável dos fetos no útero contribuiu para a alteração neste dado.

Já o menor valor de dose efetiva recebida pela paciente grávida foi de 0,037 mSv [12]. Neste caso, o procedimento empregado foi a linfocintilografia em uma gestante de aproximadamente 9 meses. O radiofármaco usado foi o coloide de enxofre marcado com tecnécio 99 metaestável (TSC) e a sua atividade registrada foi de 3,7 MBq.

Outra análise de suma importância é a dose absorvida pelo feto durante o procedimento. Assim, ao observar a Tabela I, nota-se que o maior valor total de dose absorvida pelo embrião foi de 18 mGy [13]. Neste caso, o procedimento foi realizado em uma grávida com 5 meses de gestação, sendo realizado uma gamagrafia. O radiofármaco aplicado foi o Iodo-131 com uma atividade de 500 MBq.

Em contrapartida, o menor valor total de dose absorvida no feto foi de 0,00248 mGy [12]. Neste caso, o exame realizado foi a linfocintilografia, sendo feito em um objeto simulador representando uma gestante de 9 meses. O radiofármaco usado foi o TSC, com sua atividade de 3,7 MBq. Desta forma, os valores de dose mostrados neste procedimento [12] apresentaram variações para os mesmos parâmetros. Isto ocorreu pelo fato de terem sido utilizados um modelo de referência e dois objetos simuladores distintos (exibidos nesta sequência na Tabela I) para o cálculo dosimétrico.

Além disso, outro ponto de análise que necessita de uma comparação entre os dados é a dose absorvida em determinados órgãos do feto.

Pensando nisso, observa-se que o órgão que recebeu o maior valor de dose absorvida pelo feto foi a bexiga, sendo 4,26 mGy [14]. Para este caso, o procedimento empregou a linfocintilografia, utilizando-se do radiofármaco TSC com

atividade de 92,5 MBq. A gestante submetida ao procedimento estava nas primeiras semanas da gestação.

O menor valor de dose absorvida pelo órgão no feto foi para o fígado (0,000303 mGy) [14]. O procedimento, neste caso, foi feito com a linfocintilografia, usando o TSC, sendo sua atividade 18,5 MBq. A paciente submetida a este processo estava no terceiro mês de gestação.

Além dos fatores apresentados anteriormente, há também parâmetros técnicos essenciais para a análise, como por exemplo, a atividade do radiofármaco. Desse modo, o quesito em questão contribui para a variação nos valores de dose.

Logo, observou-se que o valor máximo de atividade empregada nos trabalhos pesquisados foi de 1480 MBq no exame de cintilografia por perfusão [10]. Em contrapartida, o menor valor foi de 0,37 MBq no procedimento de captação da tireoide [15].

Assim, observando-se a comparação entres os dados apresentados, é possível notar que fatores como tempo de gestação, tipo de exame e atividade do material influenciaram nos valores de dose efetiva e absorvida demonstrados na Tabela I.

TABELA I. Valores de doses efetivas na gestante e doses absorvidas no feto durante procedimentos de medicina nuclear

(continua)

Autor	Período de gestação (meses)	Procedimento	Radiofármaco	Atividade (MBq)	Dose efetiva gestante (mSv)	Dose absorvida feto (mGy)			
						<i>Coração</i>	<i>Fígado</i>	<i>Bexiga</i>	<i>Total</i>
[13]	5	Gamagrafia	Iodo-131	500	-	-	-	-	18
[14]	0	Linfocintilografia	TSC	18,5	-	0,00037	-	-	-
	3				-	0,000303	-	-	-
	6				-	0,000633	-	-	-
	9				-	0,000837	-	-	-
	0	Linfocintilografia	TSC	18,5	-	-	0,0018	-	-
	3				-	-	0,0021	-	-
	6				-	-	0,0032	-	-
	9				-	-	0,0037	-	-
	0	Linfocintilografia	TSC	18,5	-	-	-	0,046	-
	3				-	-	-	0,035	-
	6				-	-	-	0,014	-
	9				-	-	-	0,0132	-
	0	Linfocintilografia	TSC	92,5	-	0,0342	-	-	-
	3				-	0,028	-	-	-
	6				-	0,0586	-	-	-
	9				-	0,0774	-	-	-
	0	Linfocintilografia	TSC	92,5	-	-	0,167	-	-
	3				-	-	0,194	-	-
	6				-	-	0,296	-	-
	9				-	-	0,342	-	-
	0	Linfocintilografia	TSC	92,5	-	-	-	4,26	-
	3				-	-	-	3,24	-
	6				-	-	-	1,3	-
	9				-	-	-	1,22	-
[10]	0	Cintilografia por perfusão	^{99m} Tc DTPA	1480	1,04	-	-	-	0,24
	3				1	-	-	-	0,27
	6				1,07	-	-	-	0,24
	9				1,04	-	-	-	0,25

Legenda – ^{99m}Tc DTPA: tecnécio 99 metaestável ácido dietilenotriaminopentacético; ^{99m}Tc MAA: tecnécio 99 metaestável macroagregado de albumina; PET/MR: Tomografia por emissão de pósitrons + ressonância magnética; SPECT: Tomografia computadorizada por emissão de fóton único.

TABELA 1. Valores de doses efetivas na gestante e doses absorvidas no feto durante procedimentos de medicina nuclear

(conclusão)

Autor	Período de gestação (meses)	Procedimento	Radiofármaco	Atividade (MBq)	Dose efetiva gestante (mSv)	Dose absovida feto (mGy)			
						<i>Coração</i>	<i>Fígado</i>	<i>Bexiga</i>	<i>Total</i>
[10]	0	Cintilografia pulmonar	^{99m} Tc MAA + ^{99m} Tc DTPA	(148-222) (18,5-37)	1,22	-	-	-	0,4
	3				1,32	-	-	-	0,42
	6				1,34	-	-	-	0,38
	9				1,29	-	-	-	0,4
[16]	1,3	PET Scan	¹⁸ F-FDG	583	-	-	-	-	11,4
	4,1			200	-	-	-	-	2,06
	5,8			337	-	-	-	-	2,49
	6,4			174	-	-	-	-	1,21
	7			229	-	-	-	-	2,68
	5,3			181	-	-	-	-	1,32
[7]	1,2	PET CT	¹⁸ F-FDG	296	-	-	-	-	5,12
	2,8			385	-	-	-	-	2,79
	3	PET Scan	¹⁸ F-FDG	350	-	-	-	-	2,7
	7			296	-	-	-	-	1,84
	4,4	PET/MR	¹⁸ F-FDG	348	-	-	-	-	1,43
	4,4			296	-	-	-	-	1,36
[12]	9	Linfocintilografia	TSC	3,7	0,092	-	-	-	0,00273
					0,037	-	-	-	0,00248
					0,049	-	-	-	0,00257
	9	Linfocintilografia	TSC	18,5	0,46	-	-	-	0,014
					0,186	-	-	-	0,0124
					0,245	-	-	-	0,013
[17]	0	SPECT	^{99m} Tc MAA	50	-	-	-	-	0,14
	3				-	-	-	-	0,20
	6				-	-	-	-	0,25
	9				-	-	-	-	0,20
	0	SPECT	^{99m} Tc MAA	120	-	-	-	-	0,34
	3				-	-	-	-	0,48
	6				-	-	-	-	0,60
	9				-	-	-	-	0,48
	0	SPECT	^{99m} Tc Technegas	30	-	-	-	-	0,007
	3				-	-	-	-	0,007
	6				-	-	-	-	0,011
	9				-	-	-	-	0,014
[11]	6	PET/CT	¹⁸ F-FDG	188	4,41	-	-	-	4,53
						-	-	-	-
[15]	1	Captação da tireoide	Iodo-131	0,37	-	-	-	-	0,063
	0	Cintilografia da tireoide	Iodo-131	1,85	-	-	-	-	0,13
	2,5				-	-	-	-	0,12
	0				-	-	-	-	0,13
	2,3				-	-	-	-	0,12
	1,1				-	-	-	-	0,13
	0				-	-	-	-	0,13
	1,1	Cintilografia	Iodo-131	185	-	-	-	-	13,2
	1,4				-	-	-	-	13,2
	0				-	-	-	-	13,2

Legenda – ^{99m}Tc DTPA: tecnécio 99 metaestável ácido dietilenotriaminopentacético; ^{99m}Tc MAA: tecnécio 99 metaestável macroagregado de albumina; PET/MR: Tomografia por emissão de pósitrons + ressonância magnética; SPECT: Tomografia computadorizada por emissão de fóton único.

Fonte: Autora (2022), empregando as referências listadas na tabela.

V. CONCLUSÃO

Em suma, observando-se os fatos evidenciamos previamente, é possível compreender que é importante desenvolver um estudo bibliográfico sobre os valores de dose que mulheres grávidas e fetos recebem durante procedimentos de medicina nuclear. Assim, nota-se que fatores como tempo de gestação, tipo de exame e atividade do radiofármaco utilizados alteram os valores de dose efetiva recebida pela gestante e dose absorvida pelo feto. Foi observado que os valores encontrados neste trabalho, estavam dentro do aceitável para o feto, estando abaixo do limiar estabelecido para efeitos determinísticos (100-200 mGy) [4]. Dessa forma, entende-se que é necessário estudos que apresentem valores de dose em pacientes grávidas, visando assim, a exposição de mais dados com o intuito de realizar comparações para otimizar protocolos e procedimentos, possibilitando maior segurança para o grupo em questão.

AGRADECIMENTOS

Os autores agradecem ao Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (CNPq) pelas bolsas de Produtividade em Pesquisa: 314520/2020-1 (L.P.N) e 312124/2021-0 (A.P.P); pelo Projeto UNIVERSAL 407493/2021-2 e projeto MAI/DAI (403556/2020-1), juntamente à M.R.A. - Indústria de Equipamentos Eletrônicos LTDA.

REFERÊNCIAS

- [1] M. G. Stabin, M. Tagesson, S. R. Thomas, M. Ljungberg and S. E. Strand, "Radiation dosimetry in nuclear medicine," *Radiation and Isotopes*, vol. 50, no. 1, pp. 73-87, 1999, doi: 10.1016/S0969-8043(98)00023-2.
- [2] "Nuclear Medicine," In: *National Institute of Biomedical Imaging and Bioengineering*, Jul. 2016. [Online]. <https://www.nibib.nih.gov/science-education/science-topics/nuclear-medicine>.
- [3] D. F. Kane, E. Sims, L. Stecker, F. Bloer, P. Early and K. O'Brien, "The Declared Pregnant Woman in Nuclear Medicine," *Journal of Nuclear Medicine Technology*, vol. 24, no. 2, pp. 83-91, Jun. 1996.
- [4] T. Xie and H. Zaidi, "Fetal and Maternal Absorbed Dose Estimates for Positron-Emitting Molecular Imaging Probes," *The Journal of Nuclear Medicine*, vol. 55, no. 9, pp. 1459-1466, Jul. 2014, doi: 10.2967/jnumed.114.141309.
- [5] G. G. Bural, M. C. Laymon and J. M. Mountz, "Nuclear Imaging of a Pregnant Patient: Should We Perform Nuclear Medicine Procedures During Pregnancy?," *Molecular Imaging and Radionuclide Therapy*, vol. 21, no. 1, pp. 1-5, Dec. 2011, doi: 10.4274/Mirt.123.
- [6] C. Azevedo, "Radioproteção em serviços de saúde," *Fiocruz*, 2003.
- [7] P. Zanotti-Fregonara, R. Laforest and J. W. Wallis, "Fetal Radiation Dose from 18F-FDG in Pregnant Patients Imaged with PET, PET/CT, and PET/MR," *The Journal of Nuclear Medicine*, vol. 56, no. 8, pp. 1218-1222, Jun. 2015, doi: 10.2967/jnumed.115.157032.
- [8] D. J. James, P. Cardew and H. M. Warren-Forward, "Pregnancy Screening Strategies for Diagnostic Nuclear Medicine: Survey Results from Australia and New Zealand," *Journal of Nuclear Medicine Technology*, vol. 41, no. 3, pp. 216-222, Aug. 2013, doi: 10.2967/jnmt.113.123216.
- [9] Pregnancy and Medical Radiation, *ICRP*, vol. 30, no. 1, 2000.
- [10] S. A. Astani, L. C. Davis, B. A. Harkness, M. P. Supanich and I. Dalal, "Detection of pulmonary embolism during pregnancy: comparing radiation doses of CTPA and pulmonary scintigraphy," *Nuclear Medicine Communications*, vol. 35, no. 7, pp. 704-711, 2014, doi: 10.1097/MNM.000000000000114.
- [11] T. Xie, P. Zanotti-Fregonara, A. Edet-Sanson and H. Zaidi, "Patient-Specific Computational Model and Dosimetry Calculations for PET/CT of a Patient Pregnant with Twins," *The Journal of Nuclear Medicine*, vol. 59, no. 9, pp. 1451-1458, Jan. 2018, doi: 10.2967/jnumed.117.205286.
- [12] N. Pandit-Taskar, L. T. Dauer, L. Montgomery, J. St. Germain, P. B. Zanzonico and C. R. Divgi, "Organ and Fetal Absorbed Dose Estimate from 99mTc-Sulfur Colloid Lymphoscintigraphy and Sentinel Node Localization in Breast Cancer Patients," *The Journal of Nuclear Medicine*, vol. 47, no. 7, pp. 1202-1208, Jul. 2006.
- [13] G. E. B. Berg, et al., "Radioiodine Treatment of Hyperthyroidism in a Pregnant Woman," *The Journal of Nuclear Medicine*, vol. 39, no. 2, pp. 357-361, Apr. 1997.
- [14] A. Keleher, R. Wendt III, E. Delpassand, A. M. Stachowiak and H. M. Kuerer, "The Safety of Lymphatic Mapping in Pregnant Breast Cancer Patients Using Tc-99m Sulfur Colloid," *The Breast Journal*, vol. 10, no. 6, pp. 492-495, Nov. 2004, doi: 10.1111/j.1075-122X.2004.21503.x.
- [15] M. Demir, et al., "Calculation of Embryo/Fetus Dose in Pregnant Thyroid Patients Who Have Accidentally Received Radioiodine," *European Archives of Medical Research*, vol. 35, no. 3, Jun. 2018, doi: 10.4274/eamr.galenos.2018.04875.
- [16] A. M. Takalkar, A. Khandelwal, S. Lokitz, D. L. Lilien and M. G. Stabin, "18F-FDG PET in Pregnancy and Fetal Radiation Dose Estimates," *The Journal of Nuclear Medicine*, vol. 52, no. 7, pp. 1035-1040, Jul. 2011, doi: 10.2967/jnumed.110.085381.
- [17] M. Bajc, B. Olsson, A. Gottsäter and C. Hindorf, J. Jögi, "V/P SPECT as a diagnostic tool for pregnant women with suspected pulmonary embolism," *European Journal of Nuclear Medicine and Molecular Imaging*, vol. 42, pp. 1325-1330, Apr. 2015, doi: 10.1007/s00259-015-3056-z.