

TOMOGRAFIA POR EMISSÃO DE PÓSITRONS: Aplicações em Cardiologia, Neurologia e Oncologia

Everaldo Rocha Junior

Graduando em Tecnologia em Radiologia,
Faculdades Integradas de Três Lagoas – FITL/AEMS

Higor Rochel Ferreira Soares

Graduando em Tecnologia em Radiologia,
Faculdades Integradas de Três Lagoas – FITL/AEMS

Glauber Rocha

Mestre em ciências Térmicas- UNESP;
Docente das Faculdades Integradas de Três Lagoas – FITL/AEMS

Fabírcia Roberta Lunas

Doutora em Ciência dos Materiais – UNESP;
Docente das Faculdades Integradas de Três Lagoas - FITL/AEMS

João Borges da Silveira

Doutor em Ciência dos Materiais – UNESP;
Docente nas Faculdades Integradas de Três Lagoas – FITL/AEMS

RESUMO

Nos últimos anos houve um avanço significativo na área de medicina nuclear, um aparelho híbrido capaz de fundir imagens produzidas pelo CT às imagens da tomografia por emissão de pósitrons. Seu uso tem sido notado nas áreas de oncologia, neurologia e cardiologia. Na oncologia seu uso mais importante é na diferenciação de tumores, definir neoplasias malignas das de benignas, na neurologia é capaz de diferenciar demências como epilepsia ou Alzheimer e na cardiologia vem sendo no estudo de doenças cardiovasculares, principal doença no mundo. Este trabalho foi desenvolvido de maneira simples e objetiva sobre o funcionamento, formação e aplicabilidade do aparelho PET/CT no diagnóstico por imagens em várias patologias clínicas.

PALAVRAS-CHAVE: PET/CT, Tomografia computadorizada, Radionuclídeos emissores de pósitron.

E-mail: joaoborsil@gmail.com

1 INTRODUÇÃO

Em 2001, houve um avanço tecnológico na área de medicina nuclear, tornou-se possível fundir as imagens produzidas pelo CT, com as imagens produzidas pela tomografia por emissão de pósitrons formando um equipamento híbrido PT/CT (SOARES JUNIOR et al., 2010).

O PT/CT consegue associar a alta sensibilidade metabólica e resolução ao espacial do PET, uma correlação anatômica até então inconcebível possibilitando a

detecção precoce e a localização precisa de uma lesão (CAMARGO, 2005). PT/CT e PET-Scan são considerados basicamente sinônimos, pois não existe em um lugar do mundo fabricação de aparelhos PET simples (sem CT). No Brasil todo parque instalado com PET-Scans correspondem a equipamentos PET/CT (SBBMN, 2011).

O exame PET/CT, é um exame de a Medicina Nuclear que utiliza substâncias radioativas sem afetar os processos do metabolismo como por exemplo: FDG-F18 muito útil em Oncologia, neurologia e cardiologia (CAMARGO, 2005). O PET na oncologia permite detectar a lesão tumoral através do acúmulo do marcador 2-(18F) fluor-desóxi-D-glicose (18F- FDG) na lesão. A FDG é um metabólito análogo à glicose que é marcado com Flúor-18 (radioativo), uma abordagem baseada na hipótese de que as células neoplásicas, especialmente as malignas, apresentam um aumento do metabolismo e da captação da glicose (MARTINS; ABUHID, 2009).

Além da oncologia, o PET/CT desempenha papel importante em outras áreas da medicina, como a Neurologia, para diagnóstico da epilepsia e das demências. Na área cardiológica, a câmera é utilizada para a detecção do miocárdio viável ou hibernante, sendo de fundamental importância para justificar intervenções que impeçam novos infartos (SANTOS et al., 2006). De acordo com Camargo (2005), no setor de neurologia, seu uso mais importante tem sido na diferenciação de demências, como epilepsia ou Alzheimer. Considerando o exame PET/CT como um novo método de diagnóstico precoce que auxilia no tratamento imediato de doenças este trabalho visa realizar estudos da aplicação do exame PET/CT nas áreas de oncologia, neurologia e cardiologia, contribuindo assim para estes tipos de aplicações onde existem poucos estudos realizados.

2 MATERIAL E MÉTODOS

Para aquisição de informações deste artigo, foi-se utilizado o método de pesquisas bibliográficas: sendo realizado um levantamento através de pesquisa de sites com publicações científicas e base de dados on-line (bireme, google acadêmico e scielo), e outros meios de informação em periódicos (revistas, jornais, boletins), além de livros na biblioteca da Faculdades Integradas de Três Lagoas.

Foi realizada uma pesquisa exploratória, através de levantamento literário a respeito de PET/CT, quanto a sua importância e aplicabilidade nas áreas de oncologia, neurologia e cardiológica.

3 DEFINIÇÃO SPECT

Segundo Mourão e Oliveira (2009), nos dias atuais, tomógrafos CT e PET permite diferentes procedimentos em Medicina Nuclear que possibilitam gerar informações sobre praticamente todos os sistemas do corpo humano. O aparelho de SPECT é um tomógrafo, capaz de produzir imagens de cortes do corpo geradas por detecção de fótons gama, que são emitidos por radiofármacos introduzidos no paciente, para a avaliação do seu organismo e seu funcionamento. É composto por câmeras planares utilizadas para a captação do sinal emitido pelo paciente, podendo ter entre duas a quatro câmeras detectoras.

4 DEFINIÇÃO DE PET

O PET (tomografia por emissão de pósitrons) utiliza detectores múltiplos que estão distribuídos em círculo, que se ligam em posições opostas. Nessa técnica utiliza radionuclídeos emissores de pósitrons ou (partículas β^+): ^{11}C , ^{13}N , ^{15}O , ^{18}F , ^{124}I , ^{64}Cu ou ^{68}Ga (OLIVEIRA et al., 2006).

Os pósitrons reagem instantaneamente com elétrons, emitindo dois fótons γ com energia de 511 keV cada um, na mesma direção, mas com sentidos opostos, que são recolhidos externamente num detector circular, originando imagens tridimensionais. A detecção simultânea dos raios γ que têm sentidos opostos evita a presença de um colimador para limitar o campo de detecção (OLIVEIRA et al., 2006, p.159).

De acordo com Tavares (2017), as imagens PET oferecem informações nas áreas de maior absorção do radiofármaco, o que ajuda a identificar uma anomalia no tecido, em uma análise de um PET é preciso distinguir uma atividade natural de uma anormal, pois em alguns tecidos a elevada absorção de radiofármaco é natural, está relacionada a fisiologia do corpo humano.

5 TOMOGRAFIA COMPUTADORIZADA

A tomografia computadorizada começou a ser utilizada em 1970, atualmente é cada vez utilizada em práticas médicas. Na formação de imagens utiliza um computador para serem geradas em formato digital e impressas em um suporte

físico para sua aquisição e pode ser trabalhado brilho, contraste e reconstrução (MOURÃO; OLIVEIRA, 2009).

O aparelho de tomografia computadorizada consiste em fonte de raios-x, que é acionada ao mesmo tempo em que realiza um movimento circular ao redor do paciente, emitindo um feixe de raios-x em forma de leque. No lado oposto estão localizados detectores que transformam radiação em sinal elétrico, que por sua vez, é convertido em imagem digital. As imagens correspondem às secções (fatias), e a intensidade do brilho reflete a absorção de raios-x que pode ser medida em escala de Hounsfield (JÚNIOR; YAMASHITA, 2001).

6 DEFINIÇÃO PET/CT

Ainda no ramo da Medicina nuclear existem aparelhos compostos, como o PET/CT, esse equipamento possui um aparelho TC e um aparelho de PET, acoplados. As imagens conjugadas geradas desse aparelho possuem as características funcionais do PET, e uma localização definida anatomicamente devido a imagem do corte gerada em TC. A imagem fundida permite uma relação anatômica e funcional direta de qualquer alteração encontrada na região da varredura (MOURÃO; OLIVEIRA, 2009).

De acordo com Camargo (2005), o PET/CT veio para substituir os aparelhos PET não possui o CT acoplado a si. Notou-se a eficácia do PET/CT na primeira paciente submetida ao exame, com 49 anos de idade, com câncer de mama a 10 anos, as imagens PET/CT mudaram as condutas médicas, pois as imagens mostraram metástases no úmero direito.

O poder e a habilidade do PET/CT de capturar a fisiologia humana tem sido ferramenta fundamental em diagnóstico de alta resolução humana, devido ao poder do radiotraçador da atividade metabólica e da detecção coincidente do aparelho. O radioisótopo F-18 possui uma meia-vida de 110 minutos e um alcance de 1,0 mm a 2,0 mm, por isso é excelente para diagnóstico do metabolismo (FUJITA, 2008).

No Brasil, várias clínicas de São Paulo e Rio de Janeiro iniciaram a compra de novos aparelhos PET/CT, pois a produção de F-18 nessas cidades permite um aumento na área, o CNEN está considerando a instalação de novos ciclotrons na

região nordeste e outro na região sudeste, para ampliar estudos na área (RABILOTTA, 2006).

7 RADIONUCLÍDEOS EMISSORES DE PÓSITRON UTILIZADOS EM PET/CT

Os exames na categoria PET usa-se traçadores com radionuclídeos com emissão de pósitron, com meia-vida relativamente curta, como podemos observar na tabela 1, que na maioria, são criados em acelerador. Para o uso, destes radionuclídeos se faz necessário a presença de um ciclotron próximo do local que serão realizados os exames (PHELPS, 2000).

Tabela 1. Características físicas dos radionuclídeos emissores de pósitron.

Radionuclídeo	Meia- vida Física (min)	Energia do pósitron (MeV)	Penetração em partes moles (mm)	Método de produção
Carbono-11	20	0,96	4,1	Acelerador
Nitrogênio-13	10	1,19	5,4	Acelerador
Oxigênio-15	2	1,73	7,3	Acelerador
Flúor-18	110	0,635	2,4	Acelerador
Gálio-68	68	1,9	8,1	Gerador
Rubídio-82	1,3	3,15	15,0	Gerador

Fonte: Extraído de THRALL; ZIESSMAN, 2003.

Alguns destes radionuclídeos são elementos constituídos de organismos vivos, exemplo: Carbono, Oxigênio e o Nitrogênio, estes radionuclídeos se tornando adequados para a marcação de qualquer molécula de interesse biológico, porem tem uma meia-vida curta, podendo ser utilizado apenas na presença de um ciclotron (THRALL; ZIESSMAN, 2003).

7.1 Traçadores à Base de Flúor-18 (^{18}F)

O elemento ^{18}F é muito utilizado para imagens PET, pois demonstra aspectos físicos apropriados e pode ser sinalizado por vários traçadores, assim

como demonstrado na Tabela 2, além de possibilitar seu transporte e sua distribuição do local de fabricação aos serviços de PET (RAMOS; SOARES, 2011).

Tabela 2. Traçadores à base de Flúor-18 (¹⁸F).

Radiofármaco	Aplicação Clínica	Utilização
FDG-18 F (Fluorodeoxiglicose) Fonte: Thrall; Ziessman, 2003.	Metabolismo glicolítico	Oncologia- Neurologia- Cardiologia
Fluoreto- 18F Fonte: Silveira et al, 2010.	Metabolismo ósseo	Anormalidades esqueléticas
Fluorcolina-18 F (FHC-18 F) Fonte: Ramos; Soares, 2011.	Síntese da acetilcolina	Oncologia- câncer prostático
Fluoro-di- hidroxifenilalanina (FDOPA- 18 F) Fonte: Ramos; Soares, 2011.	Metabolismo dopamina	Tumores primários ou metástases de origem neuroendócrina
Flúor- 17- β- estradiol- 18F (FES) Fonte: Ramos; Soares, 2011.	Receptores de estrógenos	Câncer de mama

7.2 Traçadores à Base de Carbono-11 (¹¹C)

De acordo com Ramos e Soares (2011), por indiciar meia-vida física breve, a emissão do ¹¹C para locais afastados do local de produção, se torna improvável, carecendo que os serviços de PET disponham de seus próprios ciclotrons. Como podemos observar na tabela 3, o Carbono-11 é capaz de avaliar tumores e viabilidade miocárdica.

Tabela 3- Traçadores a base de Carbono-11 (¹¹C)

Radiofármaco	Aplicação clínica	Utilização
Metionina- 11 C (MET) Fonte: Veiga; Santos, 2005.	Metabolismo de aminoácidos	Proliferação tumoral– extensão de neoplasias

7.3 Traçador à Base de Oxigênio-15 (^{15}O) – Água- ^{15}O

Utilizado em pesquisas de perfusão cerebral, o radiofármaco se espalha de maneira acelerada no organismo, demonstrando uma taxa de extração por volta de 100 por cento (VEIGA; SANTOS, 2005).

7.4 Traçador à Base de Rubídio-82 (^{82}Rb)

Segundo Veiga e Santos (2005), o radionuclídeo ^{82}Rb é um traçador igual ao Potássio, é capturado através de transporte ativo, por meio da bomba de sódio e potássio. Utilizado para averiguar perfusão miocárdica, sendo retirado com uma taxa de 50 a 60 por cento, diminuindo para 25-30 por cento em altos fluxos.

7.5 Traçador à Base de Gálio-68 (^{68}Ga) – DOTATOC- ^{68}Ga

O DOTA-D-Phe¹-Tyr³- octreotídeo, sinalizado com ^{68}Ga , é análogo à somatostatina (hormônio produzido pelo pâncreas, que regula a glicemia e modula a secreção de insulina e glucagon). É usado para localizar lesões por tumores neuroendócrinos, apresentando-se superior ao Radiofármaco FDG- ^{18}F , pois o mesmo tem baixa sensibilidade em detectar tumores de baixa atividade metabólica e crescimento de maneira desacelerada (RAMOS; SOARES, 2011).

8 APLICAÇÕES DO PET/CT NA NEUROLOGIA

De acordo com Costa, Oliveira e Bressan (2001), recente aumento de interesse no uso de PET em oncologia, que levou ao desenvolvimento dessa tecnologia (principalmente com investimento privado), permitiu um alargamento significativo das aplicações clínicas. A maior parte dos centros de feição verdadeiramente clínica e que possuem ciclotron usam-no para produzir ^{18}F e marcar glicose. SPECT torna-se assim uma proposição mais econômica e, portanto com maior disponibilidade, mesmo em hospitais distritais. A melhoria de qualidade das câmaras gama, particularmente no que diz respeito à resolução e à eficiência de detecção (utilizando detectores múltiplos e colimadores de tipo “fan-beam”), juntamente com o desenvolvimento de novos radiofármacos, tem levado a um aumento crescente do interesse pela técnica de SPECT em neurologia e em psiquiatria.

Juntamente com tudo isto, a melhoria das técnicas de análise, com incorporação cada vez mais frequente de processos de quantificação mais e mais precisos e corroborados por estudos de empíricos, tem propiciado uma maior credibilidade na técnica de SPECT. São disto exemplos claros a quantificação do fluxo cerebral regional e o cálculo do potencial de ligação a receptores (COSTA; OLIVEIRA; BRESSAN, 2001).

Para Costa, Oliveira e Bressan (2001), finalmente, o desenvolvimento de técnicas de “fusão de imagens” de estrutura (CT scan e ressonância magnética - RM) e função (PET e SPECT) cerebral tornam a leitura e a interpretação dos padrões de patologia mais evidentes e credíveis. Informação funcional e específica fornecida (na prática clínica de rotina) com PET e, particularmente, com SPECT, é inultrapassável nas situações clínicas a seguir enunciadas. Assim, podemos afirmar que essas tecnologias devem ser aplicadas nas seguintes situações clínicas: (i) diagnóstico diferencial das demências, incluindo a depressão dos idosos; (ii) avaliação pré-cirúrgica de doentes com epilepsia focal; (iii) avaliação da extensão e gravidade dos insultos vasculares (na ausência de RM de emergência com sequencias de difusão e perfusão) e no estabelecimento de parâmetros prognósticos; (iv) confirmação de morte cerebral, particularmente em casos difíceis, como por exemplo, no coma da intoxicação por barbitúricos; (v) avaliação das sequelas neuropsiquiátricas após traumatismos encefálicos; (vi) diagnóstico diferencial entre doença de Parkinson e tremor benigno; (vii) diagnóstico diferencial entre doença de Parkinson e parkinsonismo induzido por fármacos; (viii) diagnóstico diferencial entre doença de Alzheimer e demência por corpos de Lewis (generalizados no córtex); (ix) diagnóstico diferencial entre recorrência tumoral intracerebral e necrose pós-irradiação ou pós-cirurgia e (x) diagnóstico diferencial entre linfoma do sistema nervoso central (SNC) e granuloma por toxoplasma ou tuberculoso em doentes com síndrome de imunodeficiência adquirida (SIDA).

9 PET/CT NA CARDIOLOGIA

Bullock (2005) refere que a cardiologia nuclear é uma área na qual se realizam cerca de nove milhões de estudos anuais, apenas nos EUA. Como a doença cardiovascular continua a ser o principal problema de saúde no mundo,

apesar do aumento de gastos em saúde, existe um interesse crescente na utilização de técnicas custo-efetivas, como a cardiologia nuclear.

Segundo Bullock (2005) os *scanners* PET/CT (16 slice ou 64-slice) são considerados correntemente como os melhores equipamentos para a imagem cardíaca.

Merhige et al. (2007) referem que o PET é um método custo-efectivo disponível em CAD, resulta de uma redução no uso da arteriografia coronária e de CABG e numa redução de 30% em custos de administração de CAD e excelentes outcomes de curto prazo.

Intervenção cirúrgica no coração, segundo Ballok (2005), é o terceiro grupo, após o dos diabéticos tipo 2, e do grupo dos doentes com dor no peito que vão a um serviço de urgência, é o dos doentes cardíacos em fase pré-operatória de ortopedia ou intervenção vascular. Segundo aquele autor, dados da Holanda Merhige et al (2007) referem também que uma das indicações do PET é na dor no peito. Mowatt et al. (2008) concluem, com base na análise de alguns estudos sobre A dor aguda no peito, que existe uma evidência prognóstica de que o 64-slice CT tem influência sobre a forma como os doentes são tratados e que dá origem a uma redução na necessidade de algumas admissões hospitalares e evita o desenvolvimento do CAD invasivo.

A doença arterial coronária (DAC) é a maior causa de mortalidade e de morbidade no Reino Unido. A angiografia coronária (CA) é o principal meio de diagnóstico. Contudo, CA é um procedimento invasivo e caro com um risco de 0,1-0,2% de complicações tais como morte, enfarte do miocárdio e derrame.

10 CONSIDERAÇÕES FINAIS

A introdução da tomografia por emissão de pósitrons, em particular o uso de sistemas PET/ CT, está propiciando uma interação maior entre médicos nucleares e radiologistas no que se refere à análise e à avaliação das imagens compostas de anatomia e fisiologia, e entre os médicos especialistas em imagens e oncologistas no que tange aos resultados obtidos. Além disso, a possibilidade de utilização direta das informações metabólicas fornecidas pelas imagens de PET, combinadas com as informações anatômicas presentes na tomografia computadorizada por raios X, está

também contribuindo para tornar o planejamento radioterapêutico mais adequado a cada paciente, principalmente quanto à proteção dos tecidos sãos ao redor do tumor.

A grande contribuição clínica dos estudos de PET com (^{18}F) FDG no Brasil está na oncologia, para detecção, localização e estadiamento de tumores primários, diferenciação entre tumores benignos e malignos, detecção e avaliação de recorrências e metástases, diferenciação entre recorrências e alterações pós-cirúrgicas, seguimento e avaliação de procedimentos terapêuticos. Os resultados obtidos, em especial aqueles com os sistemas combinados PET/CT, têm ajudado a indicar, ajustar e, até mesmo, alterar procedimentos em pacientes com tumores de diversos tipos.

REFERÊNCIAS

BULLOCK, Z, E. Nuclear mcardiology. Heart, Lung and circulation, v. 145, p. 527-530, 2005.

BRAUNWALD, E.; ZIPES, P.; LIBBY, P. Tratado de medicina cardiovascular, 2 ed. São Paulo: Editora Roca LTDA, v.1, p. 438, 2003.

CAMARGO, Edwaldo E. Experiências inicial com PET/CT. Radio Bras; São Paulo, v. 38, n. 1, Fev. 2005. Disponível em: <http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0100-39842005000100001&lng=en&nrm=iso>. Acesso em: 7 Mar. 2017.

COSTA, D; OLIVEIRA, J; BRESSAN, R. Pet e spect em neurologia e psiquiatria: do básico as aplicações clinicas. Revista brasileira de psiquiatria, v. 23, p. 4-5, 2001. Disponível em: <<http://www.scielo.br/pdf/rbp/v23s1/5561.pdf>>. Acesso em: 05 jun. 2017.

FUJITA, A. Cálculo de Blindagem para PET/CT (tomografia por emissão de pósitron). 2008. 28 F. Trabalho de Conclusão de Curso do curso - Universidade Católica de Brasília, Brasília. 2008. Disponível: <www.ucb.br/sites/100/118/TCC/1º2008/TCC01Alessandra.pdf>. Acesso em: 07 maio 2017.

JÚNIOR, E.; YAMASHITA, H. Aspectos básicos da tomografia computadorizada e ressonância magnética. Revista Brasileira de Psiquiatria, v. 23, 2001. Disponível em: <http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1516-44462001000500002>. Acesso em: 07 maio de 2017.

MARTINS, G; ABUHID, I. Pet-ct e suas aplicações em oncologia clinica.

MERHIGE ME, BREEN WJ, SHELTON V, PERNA AF: Impact of myocardial perfusion imaging with PET and Rb on downstream invasive procedure utilization, costs, and outcomes in Coronary Disease management. J Nuclear Med 2007;48:1069-76.

MOURÃO, A.; OLIVEIRA, F. Fundamentos de radiologia e imagem, 2009.

MOWATT G, CUMMINS E, WAUGH N: Systematic review of the clinical effectiveness and cost- effectiveness of 64-slice or higher computed tomography angiography as an alternative to invasive coronary angiography in the investigation of coronary artery disease. Health Technol Assessment 2008;12(17):71.

Oliveira, R et al. Preparação radiofarmacêuticas e suas aplicações. Revista brasileira de ciências farmacêuticas, v.42, n.2. 2006. Disponível em: <<http://www.revistas.usp.br/rbcf/article/view/44115/47736>>. Acesso em: 06 maio 2017.

PHELPS, ME. Inaugural article: pósitron emission tomography provides molecular imaging of biological processes. Proc Natl Acad Sci USA, v. 97, n. 16, p. 9226-33, 2000.

RABILOTTA, C. A tomografia por emissão de pósitrons uma nova modalidade na medicina nuclear brasileira. Revista Panam Salud Publica, v.20, n. 2, 2006. Disponível em: <<http://www.scielosp.org/pdf/rpsp/v20n2-3/10.pdf>>. Acesso em: 07 maio 2017.

RAMOS, C.; SOARES, J. PET e PET/CT em oncologia: Sociedade Brasileira de Biologia Nuclear e Imagem Nuclear. São Paulo: Editora Atheneu, 2011. p. 417-425.

SANTOS, D et al . Fusão de imagens PET-TC na avaliação do carcinoma espinocelular de cabeça e pescoço. Radiologia Brasileira, São Paulo, v. 39, n. 6, 2006. Disponível em <http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0100-39842006000600006&lng=en&nrm=iso>. Acesso em: 03 Abr. 2017.

SBBMN. DIRETORIA DA SOCIEDADE BRASILEIRA DE BIOLOGIA, MEDICINA NUCLEAR E IMAGEM MOLECULAR. Posicionamento Oficial da SBBMN (Sociedade Brasileira de Biologia, Medicina Nuclear e Imagem Molecular) sobre o exame PET/CT. 2011.

Disponível em <http://www.radiology.com.br/materias/rad_materias.asp?flag=1&id_materia=952>. Acesso: em 03 mar. 2017

SILVEIRA, M. B. et al. Synthesis, quality control and dosimetry of the radiopharmaceutical ¹⁸F-sodium fluoride produced at the Center for Development of

Nuclear Technology – CDTN. Brazilian Journal of Pharmaceutical Sciences, v. 46, n. 3, set. 2010.

SOARES JUNIOR, José et al. Lista de recomendações do Exame PET/CT com 18F-FDG em Oncologia: consenso entre a Sociedade Brasileira de Cancerologia e a Sociedade Brasileira de Biologia, Medicina Nuclear e Imagem Molecular. Radiol Bras, São Paulo, v. 43, n. 4, ago. 2010. Disponível em: <http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0100-39842010000400010&lng=pt&nrm=iso>. Acesso em: 25 mar. 2017

TAVARES, MM. Previsão da evolução da doença oncológica a partir da análise de imagens de PET Scan. 2017. 79F. Dissertação de mestrado - Faculdade de Engenharia da Universidade do Porto. Disponível em: <<https://repositorio-aberto.up.pt/bitstream/10216/102939/3/183901.pdf>>. Acesso em: 07 maio 2017.

THRALL, J.; ZIESSMAN, H. Medicina Nuclear. 2 ed. Rio de Janeiro: Guanabara koogan S.A., 2003. 408p.

VEIGA, J.; SANTOS, M. Tomografia por emissão de pósitrons. Revista. De La O.F.I.L, Portugal, v. 15, n. 3, p. 42-44, 2005.