



**INSTITUTO FEDERAL DE EDUCAÇÃO, CIÊNCIA E TECNOLOGIA DO PIAUÍ
CAMPUS TERESINA CENTRAL
CURSO TECNÓLOGO EM RADIOLOGIA**

RAIMUNDO FAGNER MENDES DA SILVA

**A EFICÁCIA DA TÉCNICA PET/CT NA DETERMINAÇÃO PRECOCE DO
CÂNCER: UMA REVISÃO INTEGRATIVA DA LITERATURA**

TERESINA

2023

RAIMUNDO FAGNER MENDES DA SILVA

A EFICÁCIA DA TÉCNICA PET/CT NA DETERMINAÇÃO PRECOCE DO CÂNCER:
UMA REVISÃO INTEGRATIVA DA LITERATURA

Trabalho de Conclusão de Curso (artigo científico)
apresentado como exigência parcial para obtenção
do diploma do Curso de Radiologia do Instituto
Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Piauí,
Campus, Teresina – Central.

Orientador: Prof. Dr. Eutrópio Vieira Batista.

TERESINA

2023

A EFICÁCIA DA TÉCNICA PET/CT NA DETERMINAÇÃO PRECOCE DO CÂNCER: UMA REVISÃO INTEGRATIVA DA LITERATURA

Raimundo Fagner Mendes da Silva ¹
Eutrópio Vieira Batista ²

RESUMO

O PET/CT ou PET/SCAN corresponde a um exame de diagnóstico por imagem que une os recursos da Medicina Nuclear com os da Radiologia. O trabalho teve como objetivo a análise da eficácia desse exame na investigação de cânceres em estágio inicial, por meio de uma revisão integrativa da literatura. O levantamento bibliográfico foi realizado nas bases de dados: SciELO, PubMed Central, Google Acadêmico, NCBI, utilizando os descritores: Tomografia por emissão de pósitrons; Tomografia computadorizada por Raios X; Estadiamento de neoplasias; PET/CT; Metástases, além de descritores na língua inglesa. As pesquisas ratificaram a eficácia do exame PET/CT quando se refere a melhores acurácias na localização de tumores, ainda que em estágios iniciais, ajudando no tratamento concomitante a quimioterapias, radioterapias, ou pacientes que se encontram em suspeita de desenvolvimento da doença, além de metástases iniciais. Os trabalhos possuem a percepção de mostrar os diversos comportamentos apresentados pela técnica quando na detecção de alguns cânceres, pois é necessário antes da utilização do procedimento reconhecer os tipos de reagentes que venham funcionar para que haja eficácia na precisão diagnóstica.

Palavras-chave: tomografia por emissão de pósitrons; tomografia computadorizada por raios X; estadiamento de neoplasias; PET/CT; metástases.

ABSTRACT

PET/CT or PET/SCAN corresponds to a diagnostic imaging exam that combines the resources of Nuclear Medicine with those of Radiology. The aim of this work was to analyze the effectiveness of the PET/CT exam in the investigation of early-stages cancers, through an integrative literature review. The bibliographic survey was carried out in the following databases: SciELO, PubMed Central, Academic Google, NCBI, using the descriptors: Positron Emission Tomography; X-ray Computed Tomography; Staging of neoplasms; PET/CT; Metastases, in addition to descriptors in the English language. Research has confirmed the effectiveness of the PET/CT examination when it comes to better accuracy in locating tumors, even in early stages, helping in the concomitant treatment of chemotherapy, radiotherapy, or patients who are suspected of developing the disease, in addition to metastases initials. Studies have the perception of showing the different behaviors presented by the PET/CT technique in the detection of some cancers because before using the procedure it is necessary to recognize the types of reagents that will act so that there is effectiveness in the diagnostic accuracy.

Keywords: positron emission tomography; x-ray computed tomography; staging of neoplasms; PET/CT; metastases. Aceite do artigo: 06/07/2021.

¹ Graduado em Tecnologia em Radiologia. E-mail. rfagner.mendes@gmail.com

² Professor do Centro Federal de Educação Tecnológica do Piauí. Tem experiência na área de Engenharia Biomédica, com ênfase em Engenharia Médica. Atuando principalmente nos seguintes temas: Mamografia, dose glandular média, dosímetros semic. E-mail. Eutropio.batista@ifpi.edu.br

1 INTRODUÇÃO

O PET/CT ou PET/SCAN corresponde a um exame de diagnóstico por imagem que une os recursos da Medicina Nuclear com os da Radiologia, permitindo assim, a sobreposição das imagens metabólicas da Medicina Nuclear, com as imagens anatômicas da Radiologia. Com isso, avalia o metabolismo das estruturas analisadas, mais especialmente: osso, músculo, cérebro, pulmão e fígado, entre outros órgãos (YOKOYAMA; TSUCHIYA; TATEISHI, 2021; HOCHHEGGER *et al.*, 2015; RODRIGUES, 2015; CAMARGO, 2005).

O exame PET/CT utiliza como principal traçador, o FDG – ^{18}F , marcador radiofármaco contendo Flúor 18. Nele a glicose é assinalada com traçador radioativo, o que o faz ser o mais utilizado nesta prática diária. Atualmente, a maioria dos PETs são feitos em aparelhos sincronizados com tomógrafos computadorizados, os quais permitem combinar as imagens metabólicas com as anatômicas, obtidas respectivamente pelas duas técnicas – a sigla PET/TC (do inglês PET/CT, Pósitron Emission Tomography – Computed Tomography) (CALAIS; CAOS; NICKOLS, 2018).

Na Oncologia, a grande indicação do PET/CT é para a detecção de tumores e suas metástases. O exame é realizado após administração intravenosa do radiofármaco, acumulando-se na área do corpo a ser examinada. Nesse local ocorre emissão de raios gama que podem ser colhidos por um detector de radiações (tomografia por emissão de pósitrons), acoplado a um computador que forma as imagens (CAMARGO, 2005).

O paciente ao receber uma injeção intravenosa de glicose, marcada com um composto radioativo, passa a partir de então se distribuir pelo corpo todo, se concentrando em maiores quantidades nos tecidos tumorais, porque os tumores malignos apresentam metabolismo mais acelerado e consomem mais glicose que os tecidos normais (PINÉO, 2010).

A grande vantagem do PET/CT em relação aos outros diagnósticos por imagem (como a Ressonância Magnética, Ultrassonografia e a Tomografia Computadorizada, por exemplo) é que o exame permite avaliar a atividade metabólica das lesões tumorais, principalmente quando se trata do câncer, em um organismo como um todo. O contador de cintilações acoplado à tomografia colhe as imagens, que aparecerão como manchas ou regiões de brilho mais intenso, nas áreas em que houver lesões tumorais (CAMARGO, 2005).

O exame não apenas detecta a presença de tumores, mas também se faz capaz de medir a intensidade luminosa que aparece nas imagens. Por meio da análise dessa intensidade, pode-se ter a noção da atividade metabólica tumoral: quanto maior, mais intenso é o brilho, como pode ser visto na Figura 1 abaixo.

Figura 1. Exame de PET/TC num paciente com melanoma metastático. As setas em azul representadas pormanchas pretas correspondem aos locais de aparição das lesões que são devido a um câncer.



Fonte: (HOCHHEGGER *et. al.*, 2015)

Quando os pacientes são submetidos ao tratamento de Quimioterapia e posteriormente, realizam o exame PET/CT, as imagens das lesões apresentam-se em menor intensidade luminosa, o que significa dizer que provavelmente está respondendo ao tratamento, mesmo que o tamanho das lesões não tenha diminuído de forma expressiva.

O PET/CT é um exame especialmente útil nos casos em que há suspeita de metástases que não aparecem em outros exames de imagem, além de auxiliar no diagnóstico diferencial entre nódulos benignos e malignos (KUBOTA *et al.*, 2017; PINÉO, 2010; SOARES *et al.*, 2010; CAMARGO, 2005). O trabalho teve como objetivo a análise da eficácia do exame PET/CT na investigação de cânceres em estágio inicial, por meio de uma revisão integrativa da literatura.

2 REFERENCIAL TEÓRICO

2.1 CONCEITOS INICIAIS

As imagens diagnósticas de medicina Nuclear se caracterizam pela capacidade de detectar alterações metabólicas e bioquímicas de órgãos e tecidos, mesmo antes que alterações anatômicas se manifestem (RODRIGUES, 2015).

Mediante os componentes radioativos existentes na bioquímica humana, como (carbono-11, Nitrogênio-13 e Oxigênio-15), esta pode ser acompanhada *in vivo* ou *invitro*, sendo esta última obtendo melhores resultados (SOARES JUNIOR *et al.*, 2010). Mas os elementos radioativos, ao invés de emitirem raios gama, como a maioria dos radioisótopos em Medicina Nuclear, emitem um pósitron, que é um elétron positivo de natureza efêmera. Quando atravessa o ambiente, colide com um elétron negativo e ambos se aniquilam, dando assim, origem a dois raios gama de alta energia (CAMARGO, 2005). Existem outros radioisótopos emissores de pósitrons, como o Flúor-18, que é de grande relevância para a Medicina. Estes, incorporados às moléculas convenientes como o flúor-dexosi-glicose (FDG-¹⁸F), substância de grande utilização em Cardiologia, Neurologia e Oncologia, permitem acompanhar a bioquímica em humanos de maneira normal e anormal *in vivo*, desde que seja possível a detecção da radiação gama em alta energia emitida (RODRIGUES, 2015; CAMARGO, 2005).

Nas últimas décadas, a Tomografia Computadorizada (TC) tem sido o método de imagem padrão ouro na área oncológica. Ela tem sido utilizada para analisar o estadiamento inicial, para avaliar tumores após tratamento e fazer acompanhamento de pacientes com câncer. No entanto, essa técnica convencional de imagem nem sempre é eficiente na diferenciação entre lesões benignas e malignas, principalmente em estágios iniciais de cânceres (HOCHHEGGER *et al.*, 2015; WECHALEKAR *et al.*, 2005; GOROSPE *et al.*, 2005).

A Tomografia por Emissão de Pósitrons (PET/CT), por outro lado, é uma técnica de imagem molecular, não invasiva, que utiliza vários compostos radiomarcados e visualiza diferenças metabólicas entre os tecidos, representando assim, o status funcional de uma lesão suspeita (CALAIS; CAOS; NICKOLS, 2018; RODRIGUES, 2015).

O PET foi desenvolvido no início da década de 1970 e foi aprovado nos Estados Unidos para uso limitado na prática clínica oncológica em 1998 (ORIUCHI *et al.*, 2006; ROHREN *et al.*, 2004). O desenvolvimento desse método foi baseado na observação de que células malignas estão associadas a um aumento da taxa glicósídica e aumento da captação celular de glicose.

Para visualizar este procedimento bioquímico é utilizada a 18F-fluorodeoxiglucose radiomarcada (18F-FDG) (SOARES JUNIOR *et al.*, 2010). O FDG é um análogo da glicose que possui a mesma captação celular, porém é metabolizado na célula após a fosforilação enzimática do FDG-6-fosfato. Portanto, o FDG pode ser usado para quantificar as taxas metabólicas da glicose (CAMARGO, 2005).

O PET/CT representa o estado de arte em tomografia por emissão de pósitrons e veio substituir os equipamentos que antes eram somente PET e não dispunham de CT acoplados. O PET e principalmente, o PET/CT, vem revolucionando a área da Oncologia e tem sido usado para distinção de tumores malignos e benignos no estadiamento, detecção recidiva, avaliação precoce ou tardia de resposta a terapia, na determinação do prognóstico bem como na mudança da conduta clínica dos pacientes com diversos tipos de tumores malignos (SOUZA *et al.*, 2019; GUIMARÃES *et al.*, 2015).

2.2 A IMPORTÂNCIA DA TÉCNICA PARA DIAGNÓSTICO PRECOCE DO CÂNCER

O PET/CT é uma tecnologia de imagem relativamente nova, cujas vantagens incontestáveis são valiosas na oncologia clínica, bem como em todos os campos de diagnóstico relacionados à detecção e tratamento do câncer. A combinação de anatomia e função de hardware tem sido a verdadeira evolução da imagem e tem feito com que esse exame seja cada vez mais utilizado para diagnosticar o estadiamento de malignidades sólidas, incluindo cólon, pulmão, etc., porém, suas informações anatômicas são limitadas (CALAIS *et al.*, 2021; CALAIS; CAOS; NICKOLS, 2018).

A integração de PET e CT permitem o delineamento anatômico ideal dos achados do PET, bem como a identificação de lesões negativas nas imagens da tomografia computadorizada (TC), o que pode vir a melhorar o estadiamento pré-operatório. No entanto, ainda existe controvérsia em relação à aplicação do PET/CT na prática clínica, principalmente quando se trata do alto custo (RODRIGUES, 2015).

É evidente que, além dos custos adicionais, as possíveis economias também estão associadas ao PET/CT. Como resultado, evita-se mais pedidos de exames de imagem ou procedimentos invasivos, além de ajudar os clínicos a tomar as melhores decisões para o tratamento (CAMARGO, 2005).

A literatura dispõe de vários autores que defendem o papel do PET/CT no tratamento de vários tumores e discutem a utilidade médica econômica da técnica. Uma das limitações mais importantes do PET é que a maioria das estruturas anatômicas é malrepresentada, se não

completamente ausente, dificultando a localização precisa das lesões tumorais. Além disso, o FDG se acumula em vários tecidos normais, como cérebro, músculos, glândulas salivares, tireoide, miocárdio, trato gastrointestinal e trato urinário. Portanto, às vezes é difícil interpretar as imagens quando a neoplasia está localizada perto de um órgão com captação fisiológica de FDG (SARJI *et al.*, 2006; WECHALEKAR *et al.*, 2005; AVRIL, 2004).

Também é um desafio diferenciar lesões devidas à malignidade e advindas de inflamações nas quais o acúmulo de FDG é igualmente intenso, devido ao aumento das taxas metabólicas de glicose. Finalmente, a captação de FDG é variável em alguns tipos de câncer, limitando o valor diagnóstico do PET (MUHAMMAD *et al.*, 2010; SIEGEL; DEHDASHTI, 2005). Nesta perspectiva, a maioria dos tumores bem diferenciados, hipocelulares e produtores de muco demonstram baixa captação do traçador. Consequentemente, o FDG-PET não poderia ser usado como um método de imagem independente em Oncologia. Para interpretar corretamente as imagens PET, o clínico deve correlacioná-las com imagens de uma técnica morfolologicamente orientada (KUBOTA, 2001).

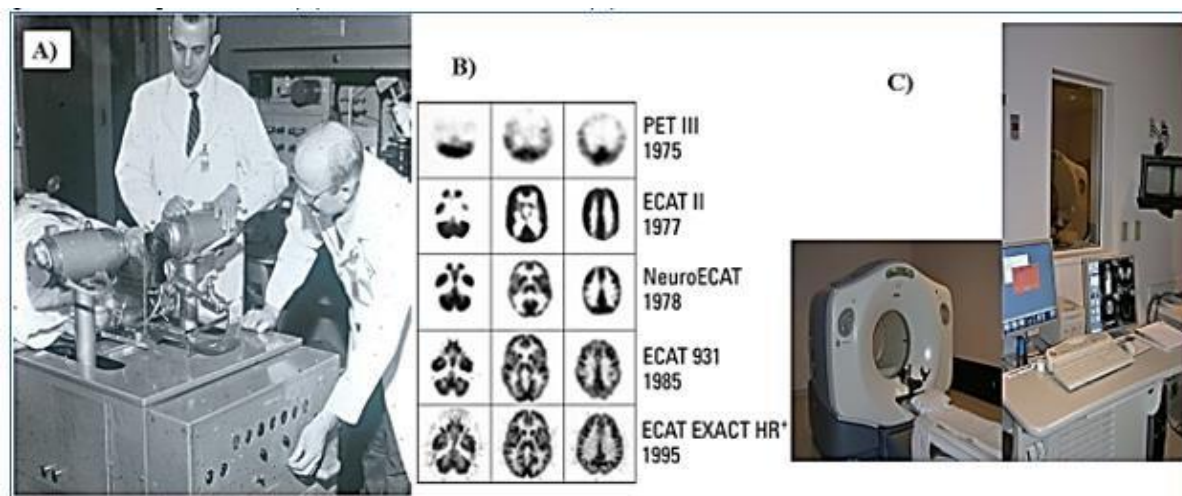
2.3 DESENVOLVIMENTO DO PET/CT

Na imagem oncológica, os objetivos são detecção e localização de lesões, incluindo correlação anatômica com estruturas como vasos - caracterização da lesão, estadiamento adequado e sucesso do tratamento. Alguns desses objetivos requerem imagens anatômicas precisas, enquanto outros exigem técnicas moleculares. Portanto, foi facilmente reconhecido que o FDG-PET e a TC são complementares e o emprego dos dois é imprescindível na prática clínica oncológica (KAPOOR *et al.*, 2004).

A imposição visual das imagens é frequentemente considerada suficiente, mas o desenvolvimento de algoritmos de fusão de software forneceu uma localização mais precisa (BUELL *et al.*, 2004). No entanto, a fusão foi difícil e às vezes, sem sucesso, como por exemplo, quando se envolveu estruturas externas ao cérebro, quando foram observados erros nos órgãos deformáveis dos tecidos moles, bem como nos órgãos nos quais a diferença de tempo importava entre os procedimentos de imagem (MUHAMMAD *et al.*, 2010; GOROSPE *et al.*, 2005).

Em 1995, Townsend e seus colegas introduziram o primeiro protótipo PET/CT: um único dispositivo integrado, combinando as duas técnicas para minimizar diferenças temporais e espaciais. Os fabricantes de imagens disponibilizaram comercialmente scanners PET/CT em 2001 (KAPOOR *et al.*, 2004; AVRIL, 2004).

Figura 2. Representação esquemática do primeiro tomógrafo (A); Evolução das imagens de acordo com a qualidade do aparelho PET (B); PET/CT dos dias atuais (C).



Fonte: (CRUZATE; DISCACCIATTI, 2015)

A vantagem mais importante dessa fusão de hardware foi que ela disponibilizou imagens de um dispositivo, em um único posicionamento do paciente. Como o paciente permanece no mesmo leito, para as duas digitalizações, as diferenças espaciais e temporais são eliminadas (MUHAMMAD *et al.*, 2010).

O movimento interno dos órgãos é mínimo, pois as duas varreduras são adquiridas aproximadamente em sincronia. A TC é utilizada para correção da atenuação do PET e as imagens anatômicas e funcionais impostas estão disponíveis imediatamente após a verificação para confirmação (MUHAMMAD *et al.*, 2010; TSUKAMOTO; OCHI, 2006).

Nos dias atuais o PET/CT tem encontrado sua aplicação principalmente nas práticas clínicas da oncologia (97%), e muito menos em infecções (2%) e cardiologia (1%). As principais áreas de interesse são diagnósticas, estadiamento, monitoramento da eficácia do tratamento e planejamento radioterapêutico - praticamente em todos os campos do tratamento de tumores (BOMANJI *et al.*, 2001).

2.4 DIAGNÓSTICO

Na área de diagnóstico, o PET/CT não é utilizado com frequência. É mais indicado principalmente na avaliação de nódulos pulmonares únicos, especialmente aqueles que não são passíveis de biópsia percutânea e na avaliação de linfadenopatia (GOROSPE *et al.*, 2005; BOMANJI *et al.*, 2001).

Pode ser também de grande utilidade em casos de detecção de anormalidades “intermediárias”, no caso de o clínico hesitar em prosseguir com um procedimento invasivo ou

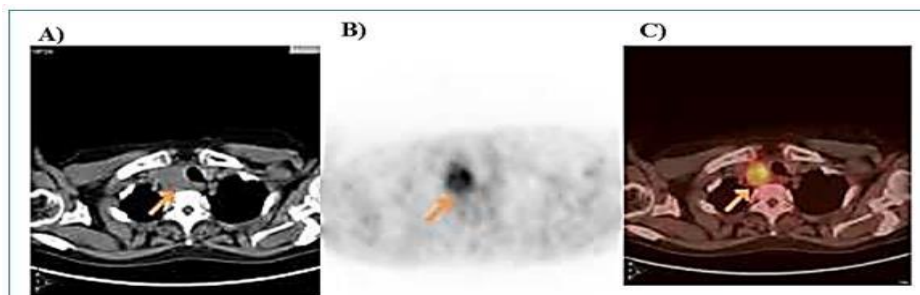
em casos de lesões suspeitas examinadas, mas sem diagnóstico definido. Além disso, o PET/CT pode ser usado em casos de pirexia de origem desconhecida e suspeita de síndromes paraneoplásicas (REES *et al.*, 2001).

Quando o PET/CT foi introduzido pela primeira vez, as indicações aprovadas na oncologia incluíam estadiamento e reestadiamento de câncer de pulmão de células não pequenas, além de câncer de esôfago, câncer colorretal, câncer de pâncreas, câncer de ovário, câncer de cabeça e pescoço, câncer de mama e de cabeça, melanoma e linfoma. Em 2003 foram aprovadas as indicações adicionais de monitoramento do câncer de mama e tireoide, e esperava-se que mais indicações fossem aprovadas no futuro (MUHAMMAD *et al.*, 2010; CZERNIN *et al.*, 2007; COLEMAN *et al.*, 2005).

As imagens obtidas somente do PET às vezes não se tornam tão claras quanto as da Tomografia Computadorizada ou Ressonância Magnética Nuclear. Eventualmente poderão aparecer resultados falsamente positivos, no que se refere ao aparecimento de captações mais intensas em áreas normais. Esses falsos-positivos, normalmente, são detectados em pacientes diabéticos ou em pessoas que tenham se alimentado algumas horas antes e que podem ficar prejudicados por causa dos níveis de açúcar e de insulina no sangue (HOCHHEGGER *et al.*, 2015; RODRIGUES, 2015).

Então, estes pacientes normalmente podem levar a biópsias desnecessárias e a outros procedimentos mais invasivos. Devido a esse fator, a tecnologia é aliada a PET em conjunto a CT, pois se tornam um método bastante eficaz desde o estadiamento mais preciso da doença até a capacidade de prover dados úteis na caracterização de nódulos indeterminados (PINÉO, 2010; CAMARGO, 2005).

Figura 3. Exemplo de fusão de imagens em estudos PET. (A) Imagem detalhada da anatomia da tomografia (TC). (B) Imagem do estudo PET (sem detalhes anatômicos presentes). (C) Fusão de imagens de TC e imagens PET mostrando a localização do tumor na imagem detalhada da anatomia.



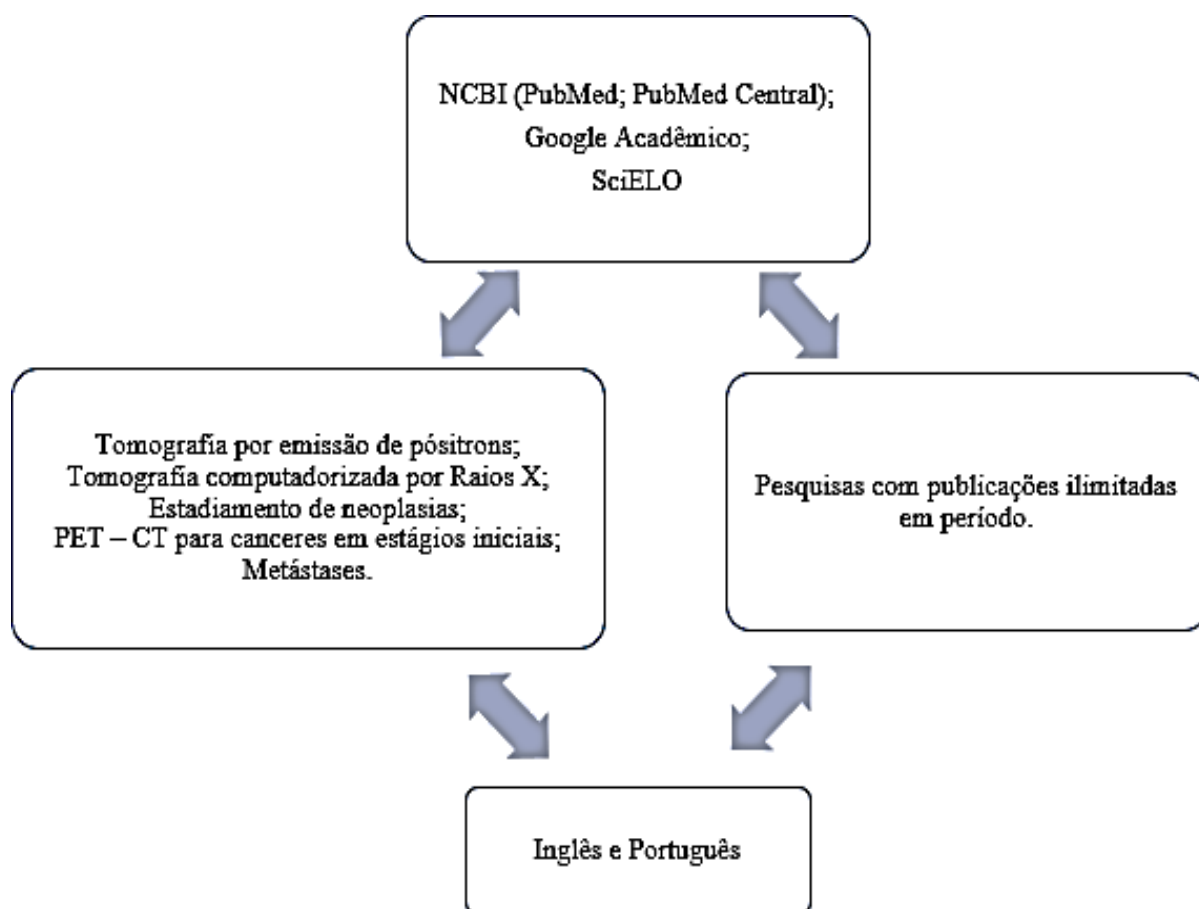
Fonte: (CRUZATE; DISCACCIATTI, 2015)

3 METODOLOGIA

O estudo tratou-se de uma revisão integrativa da literatura que teve como principal propósito, aprofundar o entendimento de determinado fenômeno, bem como reunir e sistematizar os resultados de pesquisas sobre o tema, de forma sistemática e organizada, criando uma conclusão geral sobre a questão a ser pesquisada (BOTELHO *et al.*, 2011; MENDES *et al.*, 2008). O levantamento bibliográfico foi realizado por meio das bases de dados: SciELO, PubMed Central, Google Acadêmico, NCBI, nos quais se optou por não estabelecer limites de anos para as publicações encontradas, no intuito de se obter o maior número de publicações.

Foram utilizados, desta forma, os descritores: Tomografia por emissão de pósitrons; Tomografia computadorizada por Raios X; Estadiamento de neoplasias; PET/CT; Metástases, além de descritores na língua inglesa. A Figura 4 apresenta o fluxograma da metodologia utilizada na revisão integrada literatura.

Figura 4. Metodologia para realização da pesquisa bibliográfica integrativa.



Fonte: Autoria própria, (2021)

Para análise e síntese do conteúdo dos artigos selecionados foi elaborado um instrumento de coleta de dados que se segmentou nas seguintes variáveis: título do artigo, ano de publicação, periódico ou revista de publicação, bases de dados online, objetivos do artigo, critérios de inclusão e exclusão, análise dos dados, considerações finais.

Inicialmente buscou-se a leitura dos artigos em que se destacaram os conteúdos significativos para identificação das categorias temáticas. No segundo momento da pesquisa, organizou-se os artigos através da construção de um quadro. Para a confecção do quadro, procurou-se selecionar título do artigo, ano da publicação, periódicos e banco de dados online.

Os critérios de inclusão para a participação nesta pesquisa foram os artigos publicados, disponíveis em português ou inglês, cujos resultados fossem relacionados à temática do PET/CT como técnica eficaz nas investigações de tumores cancerígenos em estágios iniciais, e/ou metástases nos mais variados órgãos do corpo humano. Foram excluídos os artigos, dissertações e teses fora da temática ou de revisão.

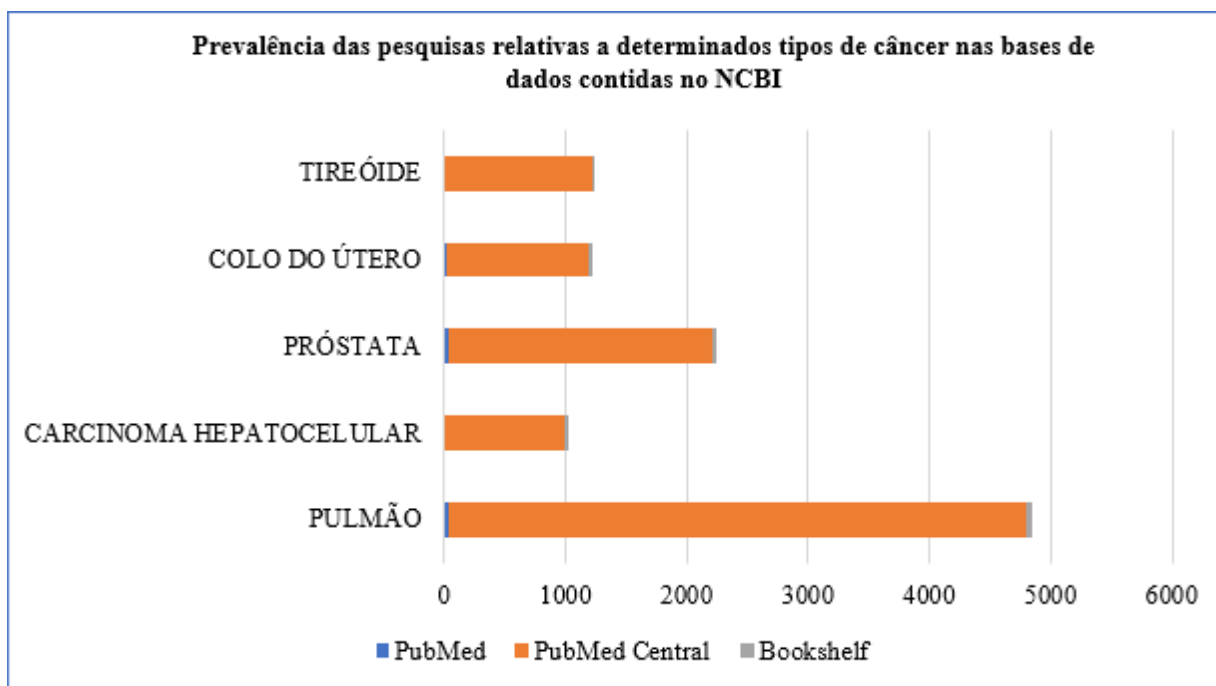
Os resultados foram agrupados em categorias correspondentes aos diferentes tipos de cânceres que foram precocemente identificados pelo exame PET/CT em seus estágios iniciais, bem como em metástases pelos órgãos, sejam eles: carcinoma hepatocelulares, próstata e outros.

4 RESULTADOS E DISCUSSÃO

De acordo com as buscas realizadas no banco de dados NCBI, foram encontrados 2.764 artigos, distribuídos em sua maioria, em pesquisas relativas nas mais diversas abordagens sobre o tema proposto, sendo que destes, 01 artigo foi encontrado na PubMed e 2.763 na PubMed Central. Os outros bancos de dados, como SciELO e Google Acadêmico encontraram-se 30 pesquisas reunidas. Segundo os critérios de inclusão selecionou-se 03 trabalhos nos quais foram utilizados para composição da análise desta pesquisa.

No tocante a eficácia do exame PET/CT na literatura pesquisada, a maioria dos trabalhos envolvendo ensaios clínicos randomizados tem a predominância de achados precoces de câncer na próstata, seguidos de câncer hepático, e por fim, outras neoplasias malignas. O gráfico abaixo representa o número de publicações que colocam estudos sobre testes randomizados em humanos e/ou animais, quando se trata da técnica PET/CT para investigação de cânceres em estágios iniciais da doença, em variados órgãos do corpo humano ou de um animal em estudo, bem como na perspectiva para melhorias no tratamento clínico e estadiamento do câncer.

Figura 5. Gráfico contendo os principais tipos de cânceres investigados em duas fases iniciais pela técnica PET/CT nas bases de dados elencadas abaixo, todas contidas no banco de dados NCBI.



Fonte: Autoria própria, (2021)

O banco de dados - Centro Nacional de Informações sobre Biotecnologia (NCBI) comporta várias bases de dados, como as que foram apresentadas neste trabalho sendo: PubMed e PubMed Central, e são as que mais fornecem as informações a respeito de trabalhos voltados às pesquisas biomédicas, incluindo testes com seres humanos, pois também se disponibiliza estudos voltados à sequenciação de genomas. Por este motivo, o maior número de artigos encontrados para composição desta pesquisa estava contido no NCBI e por isso, foi escolhido como critério de seleção de dados quantitativos para exposição da Figura 5.

Neste aspecto, verifica-se que as publicações que representam maiores destaques nas pesquisas realizadas com o PET/CT para investigações de neoplasias malignas em estágios iniciais, Figura 5, está o câncer de pulmão, correspondendo aproximadamente, (46,20%) dos artigos publicados, em seguida, o câncer de próstata com (21,08%), o de tireoide com aproximadamente (11,75%), sendo o terceiro câncer com as maiores investigações por PET/CT encontradas na literatura. No quadro 1 que se segue, estão representadas as análises dos artigos selecionados na pesquisa bibliográfica, bem como alguns tipos de câncer mais comumente publicados na literatura.

Quadro 1. Resultado das buscas em bases eletrônicas.

Nº	Título do artigo (Tradução)	Autores /Ano	Periódico / Banco de dados	Tipo de Estudo
01	18F-FDG PET / CT como uma ferramenta de avaliação de carcinoma hepatocelular secundário a doença hepática gordurosa não alcoólica no desenvolvimento de um modelo experimental	LEVY <i>et al.</i> , (2019)	SciELO	Estudo Randomizado
02	1. A utilidade do PET / CT no planejamento da radioterapia externa para câncer de próstata	CALAIS; CAOS; NICKOLS, (2018)	NCBI (PubMed)	Ensaio prospectivos randomizados
03	A Importância de Estudos Dinâmicos em PET/CT para Avaliação de Doenças Oncológicas (mestrado em ciências nucleares aplicada a saúde)	RODRIGUES, (2015)	Google Acadêmico	Estudos dinâmicos em um grupo restrito de Patologias Oncológicas

Fonte: Autoria própria, (2021)

De acordo com os artigos elencados no Quadro 1, relacionados à análise da referida pesquisa, procurou-se selecionar artigos nos quais estivessem diretamente ligados a prática clínica do PET/CT quando se investigava o estágio do câncer no início da propagação da doença. Do universo de artigos analisados até então, procurou-se filtrar àqueles nos quais pudessem contribuir de maneira significativa para o entendimento da técnica, aliada à sua precisão nos achados clínicos por imagem, que antes eram difíceis de serem detectadas por outras técnicas radiológicas, como: Tomografia computadorizada, Ressonância Magnética Nuclear ou Ultrassonografias.

O artigo de Levy *et al.* (2019) intitulado - 18F-FDG PET/CT como uma ferramenta de avaliação de carcinoma hepatocelular secundário a doença hepática gordurosa não alcoólica no desenvolvimento de um modelo experimental, propõe uma padronização para implementação de uma metodologia que integre o PET/CT em achados de imagem para detecção de uma espécie de câncer muito agressivo e difícil de ser detectado nos estágios iniciais da doença. O estudo foi desenvolvido em dez ratos, da espécie, Sprague-Dawley, no período de 19 semanas.

O carcinoma hepatocelular (CHC), segundo o estudo de Levy *et al.* (2019), pode ser a última fase da doença hepática gordurosa não alcoólica, e a tomografia por emissão de prótons/ tomografia computadorizada (PET/CT) desempenha um importante papel na avaliação do

desenvolvimento e progressão do CHC. A pesquisa mostrou que o PET/TC com o radiofármaco 18F-FDG foram capazes de avaliar o desenvolvimento do CHC secundário de forma não invasiva. A partir da padronização do PET/CT neste modelo experimental, o estudo propôs uma possível utilização desta ferramenta em futuros estudos para monitoramento *in vivo* e de forma não invasiva, na progressão do CHC.

O trabalho de Calais, Caos e Nickols (2018) cujo título traduzido para o português aborda a utilidade do PET/CT no planejamento da radioterapia externa para o câncer de próstata, trata sobre quando o tratamento tradicional não surte efeito devido à má localização dos focos de metástases. Segundo o estudo, imagens obtidas pelos métodos tradicionais de imagem possuem sensibilidade limitada na detecção do câncer de próstata, tanto no estadiamento inicial quanto na recorrência bioquímica. O estudo reforça que a integração do PET na avaliação de rotina de pacientes com câncer de próstata pode melhorar na precisão do estadiamento e o planejamento da radioterapia.

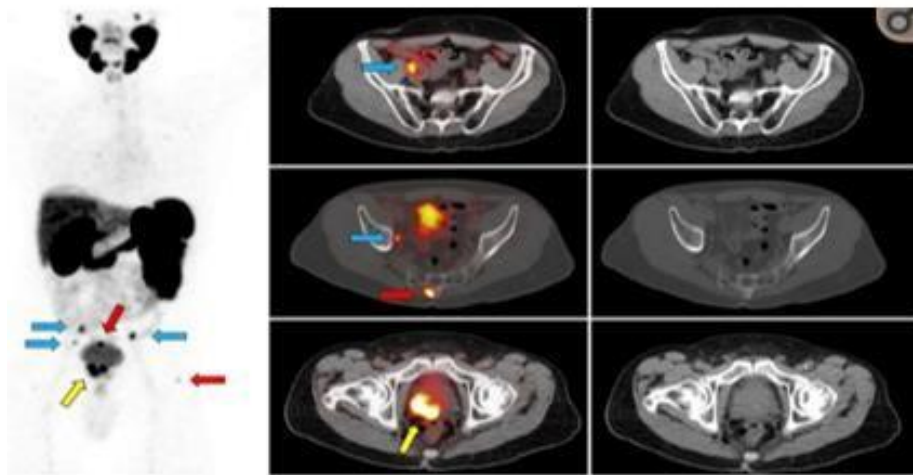
Verificou-se na pesquisa de Calais, Caos e Nickols (2018) que o 18F-FDG PET/CT, usado no planejamento de radiação para vários tipos de câncer tem baixa sensibilidade para câncer de próstata. Ensaios prospectivos randomizados em pacientes para planejamento de radioterapia de rotina *versus* planejamento auxiliado por PET/CT podem mostrar resultados clínicos significativos. Ensaios prospectivos avaliando o impacto clínico do PSMA, um ligante proteico, em conjunto ao PET/CT, possui mais interações com o 18F-FDG PET/CT no planejamento da radiação da próstata e são os mais indicados para esta finalidade (CALAIS; CAOS; NICKOLS, 2018).

A Figura 6 abaixo mostra o impacto do 68 Ga-PSMA PET/CT (receptores/ligante proteico) no tratamento inicial do câncer de próstata em alto risco. Foi analisado um caso de um senhor de 77 anos com câncer de próstata e que foi recém-diagnosticado. O paciente foi submetido a uma Ressonância Magnética mostrando determinadas lesões na próstata, com extensão extracapsular grosseira e invasão da vesícula seminal direita. Porém, quando foi investigada a varredura óssea, esta foi negativa (CALAIS; CAOS; NICKOLS, 2018).

Ao se verificar a técnica PET/CT integrada ao ligante 68 Ga-PSMA PET/CT mostrou-se intensa captação do radiofármaco na próstata com invasão da vesícula seminal (setas amarelas), identificando linfonodos ilíacos externos (setas azuis) e focal 68 Ga-PSMA em 2 lesões ósseas (setas vermelhas), Figura 6. Neste caso, o paciente foi caracterizado como oligometastático, sensível ao hormônio e oferecido tratamento para 2 metástases ósseas, além de radioterapia para próstata e nódulos pélvicos com terapias de privação de androgênio concomitante. A pesquisa conclui que o PET/CT na utilização de 11 C- ou 18 F-colina, 11 C-

acetato, 18 F-fluciclovina ou 68 Ga- ou 18, ligantes F que se ligam ao PSMA, melhoram a precisão das imagens. Os ligantes PSMA são os mais sensíveis e específicos. O trabalho sugere que a incorporação de PET/CT, na prática atual, deslumbre uma proporção substancial de pacientes, com implicações claras para os paradigmas nos tratamentos atuais.

Figura 6. Impacto de 68 Ga-PSMA PET / CT no tratamento inicial do câncer de próstata de alto risco.



Fonte: (CALAIS; CAOS; NICKOLS, 2018)

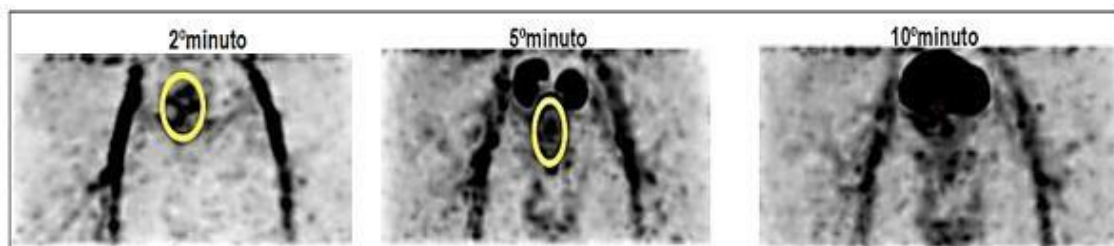
O trabalho de Rodrigues (2015) cuja dissertação de mestrado intitula-se - A Importância de Estudos Dinâmicos em PET/CT para Avaliação de Doenças Oncológicas - aborda a realização de um procedimento pouco realizado, mas, que pode ser proveitoso quando se trata da avaliação de vascularização (perfusão) em uma lesão tumoral, devido as imagens serem classificadas como mais tardias (realizadas 45-60 minutos, ou mais, após a administração de um radiofármaco). Neste sentido, o método é eficaz quando já não é possível avaliar a vascularização do tumor, bem como realizar uma estimativa precisa, devido à proximidade ao conteúdo vesical.

O trabalho de Rodrigues (2015) objetiva-se da importância de se demonstrar a realização de estudos dinâmicos em PET/CT, em doentes nos quais se prevê o tratamento com radioterapia, e em que a perfusão tumoral é considerada um critério valioso e determinante para o sucesso do tratamento. O estudo selecionou grupos de patologias e realizou cerca de 19 estudos dinâmicos em diferentes pacientes. Em relação à metodologia utilizada, definiram-se dois métodos para determinar o Índice de Perfusão Tumoral da lesão e, no sentido de compreender qual dos dois

seria o mais adequado para calcular o índice, bem como poder aplicá-lo na prática, além de ambos serem comparados ao “Método de Comparação” citado na dissertação e bastante técnico.

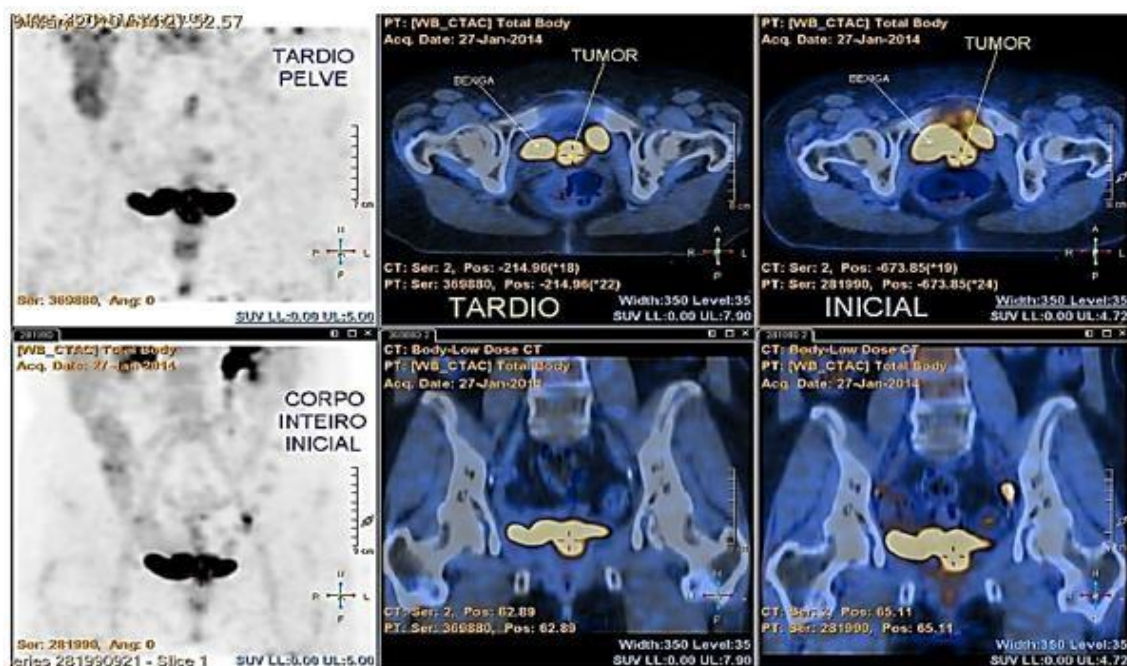
A Figura 7 abaixo mostra, uma imagem de um paciente com carcinoma de reto ena Figura 8, carcinoma de colo de útero, ambos realizados com o procedimento PET/CT.

Figura 7. Série de imagens de um Estudo Dinâmico num paciente com carcinoma do reto.



Fonte: Rodrigues, (2015)

Figura 8. Estudo de corpo inteiro em paciente com carcinoma do colo do útero.



Fonte: (RODRIGUES, 2015)

De acordo com Rodrigues (2015), os estudos dinâmicos envolvendo o PET/CT são bastante úteis pois fornecem informações mais detalhadas sobre a distribuição de um traçador

na região de interesse, ao longo do tempo e, que além disso, permite identificar com facilidade lesões que se encontrem próximas da bexiga, evitando metástases.

O trabalho alia o tratamento à técnica de PET/CT, no qual pacientes submetidos ao tratamento de radioterapia puderam ser melhor acompanhados quando submetidos ao exame PET/CT, e nesse sentido, o objetivo da pesquisa foi cumprido, no momento em que se confirma a existência de uma relação positiva entre tumores mais vascularizados e o sucesso do tratamento da radioterapia, demonstrando, igualmente, a importância da realização de estudos dinâmicos em PET/CT no contexto de diversas patologias oncológicas.

5 CONCLUSÃO

As pesquisas acima analisadas conferem a eficácia do exame PET/CT quando se refere a melhores acurácias na localização de tumores, ainda que estágios iniciais, ajudando no tratamento concomitante a quimioterapias, radioterapias, ou pacientes que ainda não tenham passado por nenhum tratamento contra o câncer, ou seja, pacientes que se encontram em suspeitas de desenvolvimento da doença, além de metástases iniciais.

Os trabalhos possuem a percepção de mostrar os diversos comportamentos apresentados pela técnica PET/CT quando na detecção de alguns cancers, pois é necessário antes da utilização do procedimento, reconhecer os tipos de reagentes que venham funcionar para que haja eficácia na precisão diagnóstica. Nesta perspectiva, o potencial do PET/CT como técnica de detecção precoce do câncer depende de algumas variáveis: como o tipo de câncer a ser analisado ou se o paciente está em algum tratamento de adjuvante.

REFERÊNCIAS

- AVRIL, N. GLUT1 expression in tissue and (18) F-FDG uptake. **J Nucl Med.** v. 45, n.6, p. 930-2, 2004.
- BOMANJI, J. B.; COSTA, D. C.; ELL, P. J. Review. Clinical role of positron emission tomography in oncology. **Lancet Oncol.** v. 2, n. 3, p.157-64, 2001.
- BOTELHO L. L. R.; CUNHA, C. C. A. de; MACEDO, M. The integrative review method in organizational studies. **Rev Eletr Gestao Soc**, v.5, n. 11, p.121-36, 2011.
- BUELL, U.; WIERES, F. J.; SCHNEIDER, W.; REINARTZ, P. 18FDG-PET in 733 consecutive patients with or without side-by-side CT evaluation: analysis of 921 lesions. **Nuklearmedizin.** v. 43, n. 6, p. 210-6, 2004.
- CALAIS, J.; CAO, M.; NICKOLS, N. G. The Utility of PET/CT in the Planning of External Radiation Therapy for Prostate Cancer. **Journal of Nuclear Medicine**, v. 59, n.4, p. 557–567, 2018.
- CAMARGO, E. E. Experiência inicial com o PET – CT. **Radiol Bras**, v. 38, n.1, p. III –V, 2005.
- COLEMAN, R. E.; DELBEKE, D.; GUIBERTEAU, M. J.; CONTI, P.S.; ROYAL, H.D.; WEINREB, J. C.; SIEGEL, B. A.; FEDERLE, M. F.; TOWNSEND, D. W.; BERLAND, L. L. American College of Radiology., Society of Nuclear Medicine., Review. Concurrent PET/CT with an integrated imaging system: intersociety dialogue from the joint working group of the American College of Radiology, the Society of Nuclear Medicine, and the Society of Computed Body Tomography and Magnetic Resonance. Society of Computed Body Tomography and Magnetic Resonance. **J Nucl Med.** v. 46, n. 7, p.1225-39, 2005.
- CRUZATE, J.; DISCACCIATTI, A. Shielding of medical facilities. Shielding design considerations for pet-ct facilities. ResearchGate. (2015). Disponível em: <https://www.severin.su/wp-content/uploads/2020/01/shielding-of-medical-facilities.-shielding-design-considerations-for-pet-ct-facilities.pdf>. Acesso em: 25 de abr. 2021.
- CZERNIN, J.; ALLEN-AUERBACH, M.; SCHELBERT, H. R. Review. Improvements in cancer staging with PET/CT: literature-based evidence as of September 2006. **J Nucl Med.** v.48, Suppl 1, 78S-88S, 2007.
- GOROSPE, L.; RAMAN, S.; ECHEVESTE, J.; AVRIL, N.; HERRERO, Y.; HERNANDEZ, S. Review. Whole-body PET/CT: spectrum of physiological variants, artifacts and interpretative pitfalls in cancer patients. **Nucl Med Commun.** v. 26, n. 8, p. 671-87, 2005.
- GUIMARÃES, J. B.; RIGO, L.; LEWIN, F.; EMERICK, A. A importância da PET/CT na avaliação de pacientes com tumores de Ewing. **Radiol Bras.** v. 48, n. 3, p.175–180, 2015.

HOCHHEGGER, B.; ALVES, G. R. T.; IRION, K. L.; FRITSCHER, C. C.; FRITSCHER, L. G.; Concatto, N. H.; Marchiori, E. PET/TC em câncer de pulmão: indicações e achados* PET/CT imaging in lung cancer: indications and findings. **J Bras Pneumol.** v. 41, n. 3, p. 264-274, 2015.

LEVY, C. de S.; COSTA, F. G. de B.; FARIA, D. de P.; STEFANO, J. T.; COGLIATI, B.; OLIVEIRA, C. P. 18F-FDG PET/CT as an assessment tool of hepatocellular carcinoma secondary to non-alcoholic fatty liver disease development in experimental model. **Arquivos de Gastroenterologia.** v. 56, n. 1, 2019.

KAPOOR, V.; MCCOOK, B. M.; TOROK, F. S. An introduction to PET-CT imaging. **Radiographics.** v. 24, n. 2, p. 523-43, 2004.

KUBOTA, K. Review. From tumor biology to clinical Pet: a review of positron emission tomography (PET) in oncology. **Ann Nucl Med.**, v. 15, n. 6, p. 471-86, 2001.

KUBOTA, K.; YAMASHITA, H.; MIMORI, A. Clinical Value of FDG-PET/CT for the Evaluation of Rheumatic Diseases: Rheumatoid Arthritis, Polymyalgia Rheumatica, and Relapsing Polychondritis. **Semin Nucl Med.**, v. 47, n. 4, p. 408-424, 2017.

MENDES, K. D. S.; SILVEIRA, R. C. C. P.; GALVAO, C. M. Revisão integrativa: método de pesquisa para a incorporação de evidências na saúde e na enfermagem. **Texto contexto - enferm.** v.17, n. 4, p. 758-764, 2008.

MUHAMMAD, W. S.; IFIGENIA, T.; NEKTARIA, M.; KOSTAS, S. Role and Cost Effectiveness of PET/CT in Management of Patients with Cancer. **Yale J Biol Med.** v.83,n. 2, p.53–65, 2010.

ORIUCHI, N.; HIGUCHI, T.; ISHIKITA, T.; MIYAKUBO, M.; HANAOKA, H.; LIDA, Y.; ENDO, K. Review. Present role and future prospects of positron emission tomography in clinical oncology. **Cancer Sci.**, v. 97, n. 12, p. 1291-7, 2006.

PINÉO, J. T. L. **A importância do PET/CT no diagnóstico precoce do câncer the importance of PET / CT diagnostic early cancer.** Trabalho de conclusão de curso (TCC), Curso de Pós-Graduação em Tomografia Computadorizada e Medicina Nuclear, no Instituto Cimas, Especialização em Tomografia e Medicina Nuclear, p. 13, São Paulo – SP, 2010.

REES, J. H.; HAIN, S. F.; JOHNSON, M.R.; HUGHES, R. A.; COSTA, D. C.; ELL, P. J.; KEIR, G.; RUDGE, P. The role of [18F] fluoro-2-deoxyglucose-PET scanning in the diagnosis of paraneoplastic neurological disorders. **Brain.**, v.124, n. 11, p. 2223-31, 2001.

RODRIGUES, A. C. S. **A importância dos estudos dinâmicos em PET-CT para Avaliação de Doenças Oncológicas.** Mestrado em Ciências Nucleares Aplicada a Saúde. Instituto Politécnico de Coimbra, Escola Superior de Tecnologia da Saúde Coimbra, Coimbra, p. 103, 2015.

ROHREN, E. M.; TURKINGTON, T. G.; COLEMAN, R. E. Review. Clinical applications of PET in oncology. **Radiology.** v. 231, n. 2, p. 305-32, 2004.

SARJI, A. S.; M. B. B. S.; F. R. C. R., A. M. Physiological uptake in FDG PET simulating disease. **Biomed Imaging Interv J.** v. 2, n. 4, p. 59, 2006.

SIEGEL, B. A.; DEHDASHTI, F. Review Oncologic PET/CT: current status and controversies. **Eur Radiol. Suppl.** n. 4, p. 127-32, 2005.

SOARES, J. J.; FONSECA, R. P.; CERCI, J. J.; BUCHPIGUEL, C. A.; CUNHA, M. L. da; MAMED, M.; ALMEIDA, S. A. A. de. 7 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* Recommendations on the use of 18F-FDG PET/CT in Oncology. Consensus between the Brazilian Society of Cancerology and the Brazilian Society of Biology, Nuclear Medicine and Molecular Imaging. **Radiol Bras.** v. 43, n. 4, p. 255–259, 2010.

SOUZA, L.; COSTA, F. G. B. de; FARIA, D. P. de; STEFANO, J. T.; COGLIATI, B.; OLIVEIRA, C. P. F-FDG PET/CT as an assessment tool of hepatocellular carcinoma secondary to non-alcoholic fatty liver disease development in experimental model. **Arq Gastroenterol**, v. 56, n. 1, 2019.

TSUKAMOTO, E.; OCHI, S. Review. PET/CT today: system and its impact on cancer diagnosis. **Ann Nucl Med.** v. 20, n. 4, p. 255-67, 2006.

WECHALEKAR, K.; SHARMA, B.; COOK, G. Review. PET/CT in oncology--a major advance. **Clin Radiol.** v. 60, n. 11, p. 1143-55, 2005.

YOKOYAMA, K.; TSUCHIYA, J.; TATEISHI, U. Comparison of [¹⁸F] FDG PET/CT and MRI for Treatment Response Assessment in Multiple Myeloma: A Meta-Analysis. **Diagnostics.** v. 11, p. 706, 2021.