



UNIVERSIDADE FEDERAL DE MINAS GERAIS
ESCOLA DE ENGENHARIA
DEPARTAMENTO DE ENGENHARIA NUCLEAR
PÓS-GRADUAÇÃO EM CIÊNCIAS E TÉCNICAS NUCLEARES

WARLEY FERREIRA FELIX

**ESTUDO DO DIAGNÓSTICO POR ANGIOTOMOGRAFIA PARA
TROMBOEMBOLISMO PULMONAR EM UM HOSPITAL GERAL**

Belo Horizonte

2019

WARLEY FERREIRA FELIX

**ESTUDO DO DIAGNÓSTICO POR ANGIOTOMOGRAFIA PARA
TROMBOEMBOLISMO PULMONAR EM UM HOSPITAL GERAL**

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Ciências e Técnicas Nucleares da Escola de Engenharia da Universidade Federal de Minas Gerais como requisito parcial à obtenção do título de Mestre em Ciências e Técnicas Nucleares.

Área de concentração: Ciência das Radiações

Orientadora: Profa. Dra. Maria Auxiliadora Fortini Veloso

Coorientador: Prof. Dr. Marcos Eugênio Silva Abrantes

BELO HORIZONTE

2019

F316e

Felix, Warley Ferreira.

Estudo do diagnóstico por angiotomografia para tromboembolismo pulmonar em um hospital geral [recurso eletrônico] / Warley Ferreira Felix. – 2019.

1 recurso online (85 f. : il., color.) : pdf.

Orientadora: Maria Auxiliadora Fortini Veloso.

Coorientador: Marcos Eugênio Silva Abrantes.

Dissertação (mestrado) - Universidade Federal de Minas Gerais, Escola de Engenharia.

Anexos: f. 70-85.

Bibliografia: f.66-69.

Exigências do sistema: Adobe Acrobat Reader.

1. Engenharia nuclear - Teses. 2. Tromboembolismo - Teses.
3. Otimização - Teses. 4. Tomografia computadorizada - Teses.
I. Veloso, Maria Auxiliadora Fortini. II. Abrantes, Marcos Eugênio Silva. III. Universidade Federal de Minas Gerais. Escola de Engenharia. IV. Título.

CDU: 621.039(043)



UNIVERSIDADE FEDERAL DE MINAS GERAIS

PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM CIÊNCIAS E TÉCNICAS NUCLEARES



PCTN


FOLHA DE APROVAÇÃO

**ESTUDO DO DIAGNOSTICO POR ANGIOTOMOGRAFIA PARA
TROMBOEMBOLISMO PULMONAR EM UM HOSPITAL GERAL**


WARLEY FERREIRA FELIX

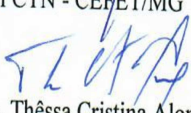
Dissertação submetida à Banca Examinadora designada pelo Colegiado do Programa de Pós-Graduação em CIÊNCIAS E TÉCNICAS NUCLEARES, como requisito parcial para obtenção do grau de Mestre em CIÊNCIAS E TÉCNICAS NUCLEARES, área de concentração CIÊNCIAS DAS RADIAÇÕES.

Aprovada em 25 de junho de 2019, pela banca constituída pelos membros:


Profa. Maria Auxiliadora Fortini Veloso - Orientadora
Departamento de Engenharia Nuclear - UFMG


Dr. Marcos Eugenio Silva Abrantes - Coorientador
Faculdade de Ciência Médicas de Minas Gerais


Prof. Arnaldo Prata Mourão Filho
PCTN - CEFET/MG


Dra. Thêssa Cristina Alonso
CDTN/CNEN

Belo Horizonte, 25 de junho de 2019.

DEDICATÓRIA

Dedico esse trabalho a minha mãe e a meu pai (em memória) por me guiarem nessa vida até agora. Em especial ao meu pai, que apesar do longo tempo de ausência continua a ser inspiração por sua grande sabedoria.

Dedico também a minha esposa e meu filho pela importância de vocês na minha vida.

E também dedico a todos meus familiares, irmã, irmão, sobrinhas, tias, tios, primas e primos.

AGRADECIMENTOS

- A DEUS por nos dar força e persistência para trilhar os caminhos da vida.
- Aos orientadores Profa. Dra. Maria Auxiliadora Fortini Veloso do Departamento de Engenharia Nuclear (DEN/CCTN) da UFMG e Prof. Dr. Marcos Eugênio Silva Abrantes da Faculdade Ciências Médicas de Minas Gerais (FCMMG), por acreditarem na minha capacidade e me orientar nessa pesquisa.
- Profa. Márcia Helena Gonçalves Rocha e ao Prof. Reginaldo Figueiredo por acreditarem na minha capacidade.
- A direção do Hospital das Clínicas da UFMG que por meio do comitê de ética da Instituição que autorizou a realização desta pesquisa.
- Ao Gerente Sr. Eduardo dos Santos Junior e a Coordenadora Médica Jovita Lane Soares Santos Zanini, pela a autorização da realização deste estudo nas dependências da Unidade de Diagnóstico por Imagem do Hospital das Clínicas da UFMG.
- Ao coordenador técnico da Unidade de Diagnóstico por Imagem do Hospital das Clínicas da UFMG, Sr. Eler da Silva Reis pelas informações, orientações e apoio oferecido.
- Aos todos os preceptores e residentes da Unidade de Diagnóstico por Imagem do Hospital das Clínicas da UFMG.
- A funcionária da Unidade de Diagnóstico por Imagem do Hospital das Clínicas da UFMG, Miriam Ascensão Fonseca, pela ajuda imprescindível na pesquisa dos prontuários dos pacientes.
- Ao Ramon Vitor de Miranda ex-aluno do curso de Tecnologia em radiologia da UFMG, agora aluno de Especialização em Dosimetrista para Radioterapia no Hospital Erasto Gaertner em Curitiba – PR, pela importante ajuda nas pesquisas nos prontuários.
- Aos Tecnólogos (as), técnicos (as) e estagiários (as) do setor de tomografia computadorizada da Unidade de Diagnóstico por Imagem do Hospital das Clínicas da UFMG pelo apoio e pelas informações compartilhadas em especialmente ao Hertes Paulo Araujo.

- Equipe do SAME do Hospital das Clínicas da UFMG pela presteza e apoio na disponibilização dos prontuários para as pesquisas, em especial a Simone Resende.
- Aos professores e funcionários e colegas do DEN/PCTN, pela colaboração na minha formação e pela competência e aplicação oferecida na formação dos alunos.
- A todos que participaram direta e indiretamente na realização desse trabalho.

“A saúde baseada em evidências tira a ênfase da prática guiada pela intuição para se concentrar na pesquisa e na sua análise estatística, com extremo rigor científico”.

Álvaro N. Atallah

RESUMO

A angiotomografia para Tromboembolismo Pulmonar (AngioTEP) é um exame com tempo de varredura muito curto e com muitos detalhes a serem seguidos. Há grandes dificuldades em estabelecer procedimentos uniformizados de realização desse exame e as variações no procedimento, muitas vezes fazem com que a qualidade diagnóstica do exame seja comprometida, causando a repetição de exames ou novas exposições por outros procedimentos de imagem, aumentando significativamente a dose de radiação à qual o paciente é exposto. Diante disso, foi realizada pesquisa retrospectiva de coletas de dados nos prontuários médicos, livro de registro e exames de AngioTEP executados em um setor de tomografia computadorizada de um hospital geral em Belo Horizonte – MG. A população participante dessa pesquisa foi dividida em amostras com as mesmas características e realizados os estudos estatísticos adequados. Estabelecida a quantidade mínima de participantes para maior confiabilidade dos estudos estatísticos observou-se: (1) que a população feminina apresenta maior probabilidade na ocorrência de TEP; (2) que o protocolo de injeção de contraste iodado que apresentou maior nível de contrastação na região de interesse e razão de contrastação foi o protocolo de $4,5 \text{ ml.s}^{-1}$ para 80 HU programado no disparo automático; (3) que com o aumento da faixa etária houve aumento da razão de contrastação; (4) que os acessos venosos puncionados nos membros superiores esquerdos apresentam maior razão de contrastação em comparação aos acessos puncionados nos membros superiores direitos; (5) que os exames iniciados pelo ápice pulmonar apresentam maior razão de contrastação em comparação aos iniciados pela base pulmonar; (6) que o aumento da frequência cardíaca resulta na diminuição da razão de contrastação. Nesse contexto, a pesquisa pretende implementar a estrutura científica na elaboração de um protocolo para AngioTEP como referência aos serviços de tomografia computadorizada e aumentar os requisitos de controle de qualidade de imagens de radiologia diagnóstica, aperfeiçoando e padronizando o método de realização do exame, otimizar os sistemas, processos e mecanismos de proteção radiológica com finalidade de otimização e redução da dose de radiação em pacientes submetidos a uma AngioTEP.

Palavras-chave: Angiotomografia. TEP. Otimização de dose.

ABSTRACT

Angiotomography for Pulmonary Thromboembolism (AngioTEP) is an examination with very fast scan time and with many details to follow. There are great difficulties in establishing standardized procedures for performing this exam and variations in the procedures, they often cause the diagnostic quality of the examination to be compromised, causing repetition of exams or new exposures by other imaging procedures, significantly increasing the dose of radiation to which the patient is exposed. A retrospective study of the data collection in the medical records, registry book and AngioTEP exams was carried out in a computed tomography department of a general hospital in Belo Horizonte – MG. The population participating in this research was divided into samples with the same characteristics and appropriate statistical studies were performed. Established the minimum number of participants in this study was for greater reliability of the statistical studies, and it was observed: (1) that the female population is more likely to occur TEP; (2) that the iodinated contrast injection protocol that presented the highest level of contrast in the region of interest and contrast ratio was the 4.5 ml.s⁻¹ protocol for 80 HU programmed in automatic trigger; (3) that with increasing age there was increased contrast ratio; (4) that punctured venous accesses in the left upper limbs present a higher contrast ratio compared to punctured accesses in the right upper limbs; (5) that examinations initiated by the pulmonary apex have a higher contrast ratio compared to those initiated by the pulmonary base; (6) that increased heart rate results in decreased contrast ratio. In this context, the research intends to implement the scientific structure in the elaboration of a protocol for AngioTEP as reference to the computed tomography services and increase the quality control requirements of diagnostic radiology images, improving and standardizing the method of performing the exam, optimizing the results. radiological protection systems, processes and mechanisms for the purpose of optimizing and reducing the radiation dose in patients undergoing an AngioTEP.

Keywords: Angiotomography. TEP. Dose optimization.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 - Falhas de enchimento por TEP	18
Figura 2 - Partes do tomógrafo	27
Figura 3 - Níveis de contrastação na região de interesse	33
Figura 4 - Reconstrução dos exames com nível de contrastação ideal e tardio em MIP.....	34
Figura 5 - Reconstrução 3D do trajeto do contraste no acesso venoso em diferentes membros superiores.....	35
Figura 6 - Injetoras de contraste de seringa única e seringa dupla	39
Figura 7- Posicionamento das ROI para leitura dos valores em HU.....	41

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 – Valores de Hounsfield	36
Tabela 2 – Divisão da população por gênero.....	45
Tabela 3 – Resultado do comprimento de varredura, tempo de varredura e R _z C para os gêneros.	46
Tabela 4 – Dados do comprimento de varredura, tempo de varredura e R _z C dos tomógrafos do hospital	47
Tabela 5 – Resultado do nível médio de contrastação e R _z C dos protocolos de injeção de contraste na população estudada	48
Tabela 6 – Resultado da R _z C por protocolo de injeção de contraste para os gêneros.....	50
Tabela 7 – Resultado do teste t da R _z C por protocolo de injeção de contraste para os gêneros	51
Tabela 8 – Resultados da R _z C dos gêneros por faixa etária	52
Tabela 9 – Resultados do estudo estatístico da R _z C dos gêneros por faixa etária	53
Tabela 10 – Resultados da R _z C pelo membro superior da punção do acesso venoso para a população estudada	54
Tabela 11 – Resultados da R _z C pelo membro superior do acesso venoso por gênero.....	54
Tabela 12 – Resultados estatísticos para os gêneros feminino e masculino pelo membro superior que foi puncionado o acesso venoso	55
Tabela 13 – Dados da R _z C por posição inicial do exame para os gêneros	55
Tabela 14 – Relação entre da R _z C e a faixa da frequência cardíaca da população	57
Tabela 15 – Dados da R _z C por faixa da frequência cardíaca da população.....	57
Tabela 16 – Resultados da R _z C em relação a faixa de frequência cardíaca para os gêneros feminino e masculino.....	58
Tabela 17 – Resultados dos estudos estatísticos em relação a faixa de frequência cardíaca para os gêneros feminino e masculino	59
Tabela 18 – Dados dos estudos estatísticos da R _z C por faixa da frequência cardíaca entre os gêneros feminino e masculino.....	59

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

ACR	Colégio Americano de Radiologia
AngioTEP	Angiotomografia para TEP
AVE	Acidente Vascular Encefálico
Cintilografia V/Q	Cintilografia Pulmonar De Ventilação-Perfusão
COEP	Comitê de Ética em Pesquisa
CPU	Unidade Central De Processamento
DPOC	Doença Pulmonar Obstrutiva Crônica
ELISA	Ensaio de Imunoabsorção Enzimático
FC	Frequência Cardíaca
FDA	<i>Food and Drug Administration</i>
HU	Hounsfield Unit (Unidade de Hounsfield)
IAM	Infarto Agudo do Miocárdio
kV	Quilovolts
mA.s	Carga aplicada ao tubo de raio-X
MIP	Projeção de Máxima Intensidade
ROI	Ferramenta de leitura do valor do HU
R _z C	Razão de Contrastação
TC	Tomografia Computadorizada
TCILE	Termo de Consentimento Informado Livre e Esclarecido
TEP	Tromboembolia Pulmonar
TVP	Trombose Venosa Profunda
VPN	Valor Preditivo Negativo
VPP	Valor Preditivo Positivo

SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO	14
1.1 OBJETIVO	22
1.1.1 Objetivo geral.....	22
1.1.2 Objetivos específicos	22
1.2 JUSTIFICATIVA.....	24
1.3 ESTRUTURA DA DISSERTAÇÃO.....	25
2 FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA	26
2.1 A ORIGEM DA TOMOGRAFIA COMPUTADORIZADA.....	26
2.2 O TOMÓGRAFO COMPUTADORIZADO	26
2.3 A EVOLUÇÃO DOS TOMÓGRAFOS COMPUTADORIZADOS	28
2.4 OS PROTOCOLOS DOS EXAMES TOMOGRÁFICOS.....	30
2.5 A TOMOGRAFIA DE TÓRAX E A ANGIOTOMOGRAFIA DE TÓRAX PARA O DIAGNÓSTICO DE TROMBOEMBOLIA PULMONAR.....	31
2.6 CONTRASTE IODADO	31
2.7 ACESSO VENOSO	35
2.8 INJETORA DE CONTRASTE	36
2.9 UNIDADE DE HOUNSFIELD (HU)	36
3 MATERIAIS E MÉTODOS	37
3.1 CARACTERÍSTICAS DO HOSPITAL	37
3.2 O PERFIL DOS PACIENTES ATENDIDOS NO HOSPITAL.....	37
3.3 TOMOGRAFIA COMPUTADORIZADA DO TÓRAX DE ROTINA PARA ADULTOS.....	38
3.3.1 Contraste iodado.....	38
3.3.2 Injetora de contraste	38
3.4 ANGIOTOMOGRAFIA PARA TEP.....	40

3.5 ESTUDO DO NÍVEL DE CONTRASTAÇÃO COM UTILIZAÇÃO DA FERRAMENTA DE LEITURA DE VALORES DE HU	41
3.6 PROGRAMA COMPUTACIONAL HOROS	42
3.7 CÁLCULO DO TAMANHO DA POPULAÇÃO PARTICIPANTE DO ESTUDO	42
3.8 ANÁLISE ESTATÍSTICA	43
4 RESULTADOS E DISCUSSÕES.....	45
4.1 DIVISÃO DA POPULAÇÃO ESTUDADA.....	45
4.2 AVALIAÇÃO DO COMPRIMENTO DE VARREDURA, TEMPO DE VARREDURA E R _z C DA ANGIOTEP	46
4.3 AVALIAÇÃO DA CONTRASTAÇÃO MÉDIA E R _z C COMPARADAS COM AS VARIAÇÕES DE FLUXO DE INJEÇÃO DE CONTRASTE	47
4.4 AVALIAÇÃO DA R _z C DA POPULAÇÃO PELO FLUXO DE INJEÇÃO DE CONTRASTE ESTUDADO POR GÊNERO.....	50
4.5 AVALIAÇÃO DA POPULAÇÃO AMOSTRAL DA R _z C EM RELAÇÃO AO GÊNERO E FAIXA ETÁRIA.....	52
4.6 AVALIAÇÃO ENTRE A R _z C E O LADO DA PUNÇÃO DO ACESSO VÉNOZO NOS MEMBROS SUPERIORES.....	54
4.7 AVALIAÇÃO DA R _z C PELO ÁPICE E BASE PULMONAR COMO POSIÇÃO INICIAL DO EXAME	55
4.8 AVALIAÇÃO DA R _z C EM RELAÇÃO A FAIXA DE FREQUÊNCIA CARDÍACA	57
5 CONCLUSÕES.....	61
5.1 PERSPECTIVAS FUTURAS.....	64
REFERÊNCIAS	66
ANEXO A – AUTORIZAÇÃO DO COMITÊ DE ÉTICA EM PESQUISA DA UFMG	70
ANEXO B – TERMO DE CONSENTIMENTO INFORMADO LIVRE E ESCLARECIDO.....	71
ANEXO C – CERTIFICADO E ARTIGO APRESENTADO EM CONGRESSO	73

1 INTRODUÇÃO

A tomografia computadorizada (TC) surgiu como um método auxiliar ao diagnóstico no início da década de 70, quando foram feitas as primeiras imagens de crânio utilizando esse método. O desenvolvimento da TC se deu em conjunto com o avanço dos computadores, sendo essa técnica também pioneira no uso da informática na radiologia diagnóstica. Os programas computacionais desenvolvidos para a TC ampliaram o uso dos raios X, possibilitando o estudo de estruturas internas do corpo humano que anteriormente só poderiam ser avaliadas por procedimentos invasivos. A partir desse desenvolvimento foi possível avaliar estruturas por métodos não cirúrgicos, propiciando um diagnóstico mais preciso além de possibilitar o tratamento de doenças que antes do advento da tomografia só eram diagnosticadas por técnicas invasivas ou por meio de necropsias (MOURÃO, 2015; SANTOS *et al.*, 2009; NÓBREGA, 2005).

Na atualidade a TC de tórax representa um dos mais importantes instrumentos na avaliação das patologias torácicas, sendo que seu grande desempenho se dá por características anatômicas e funcionais favoráveis ao método. A avaliação do tórax depende de imagens com alta resolução espacial em virtude das pequenas estruturas a serem avaliadas. Apesar da eficácia apresentada pelo método, os protocolos de exames devem se adequar aos pacientes e às indicações clínicas para os mesmos. Os parâmetros técnicos de cada protocolo devem considerar a individualidade de cada paciente: crianças, adultos e às justificativas para cada exame como por exemplo: nódulo pulmonar, Doença Pulmonar Obstrutiva Crônica (DPOC), focos infecciosos, tromboembolia pulmonar (MOURÃO, 2015; SILVA *et al.*, 2010).

A tromboembolia pulmonar (TEP) é uma das tromboembolias venosas causadas principalmente pela Trombose Venosa Profunda (TVP) e são decorrentes de trombos formados nas veias pélvicas e nos membros inferiores, que ao se deslocarem da região de origem causam a embolização de outras áreas. Considera-se que mais de 80% dos casos de TEP estão associados com a TVP. Das doenças cardiovasculares mais comuns, a TEP figura em terceiro lugar, logo após aos

Infartos Agudos do Miocárdio (IAM) e dos Acidentes Vasculares Encefálicos (AVE) (DARZE *et al.*, 2016; SILVA *et al.*, 2010).

Estima-se que nos Estados Unidos da América, ocorram anualmente mais de 520 mil casos de TEP e sendo que 290 mil casos são fatais. Alguns casos não são diagnosticados em consequência dos sintomas inespecíficos, como: dor no peito, falta de ar, taquicardia, entre outros. Esses sintomas podem ser confundidos com outros problemas pulmonares e cardíacos. Por sua sintomatologia inespecífica, a TEP continua a ser um achado frequente em necropsia, sendo que a TEP sequer foi presumida pelo diagnóstico clínico em cerca de 70% das autópsias realizadas (ON CARDIAC *et al.*, 2017; NGC, 2016; SILVA *et al.*, 2010).

No Brasil, em 1963 foi publicado um estudo onde foram analisados os resultados de necropsias realizadas entre 1952 a 1961 no Departamento de Anatomopatologia da Faculdade de Ciências Médicas da Santa Casa de São Paulo que evidenciou a incidência de 4,7% de TEP. No ano de 1974 em continuidade ao estudo anterior, foram realizadas análises dos relatórios de necropsias do período de 1962 a 1971 observando um aumento da incidência para 6%. Em prosseguimento aos estudos anteriores foram analisados os relatórios de necropsias de 1972 a 1995, totalizando mais de 16 mil necropsias neste período, evidenciando uma incidência de TEP de 4,7% (GOLIN *et al.*, 2002).

No Brasil existe uma considerável ausência de dados epidemiológicos relativos às tromboembolias venosas. Entre os anos de 1989 e 2010, foram relatadas aproximadamente 93 mil mortes causadas por tromboembolias no país. Nesse estudo foi explicitado que fatores como a desigualdade no acesso à assistência médica, a qualidade dos serviços de saúde e as dificuldades de um diagnóstico clínico para TEP, são fatores que contribuem para uma possível subestimação das taxas de mortalidade por TEP. Observação reforçada ao se comparar as baixas taxas de mortalidade por TEP registradas no Brasil com o número de casos de TEP fatais relatados nos Estados Unidos da América (DARZE *et al.*, 2016).

O paciente ao dar entrada em serviços de pronto atendimento com suspeita de TEP deve ser submetido à uma investigação clínica, além da aplicação dos questionários de decisão clínica específicos para TEP e testes laboratoriais. Com a associação dos resultados da avaliação clínica, questionário para TEP e dos exames laboratoriais, toma-se a decisão de realizar testes complementares para estabelecer o diagnóstico (VOLPE *et al.*, 2010).

Pacientes com suspeita de TEP podem estar assintomáticos ou apresentar uma sintomatologia inespecífica. Esses sintomas podem ser confundidos com outras condições cardíacas ou pulmonares. Há uma estimativa que em 90% dos casos, a hipótese de TEP é sugerida pela presença de dispneia, síncope, dor torácica e taquipnéia, sintomas esses, isolados ou associados (VOLPE *et al.*, 2010).

Os principais sintomas dos pacientes com TEP são dor torácica, dispneia, taquipneia, taquicardia, síncope, hipotensão arterial e choque cardiogênico. Muitos desses sintomas podem mudar o estado de consciência do paciente, de plenamente lúcido a completamente inconsciente. A alteração do ritmo respiratório do paciente, dispneia (falta de ar) ou taquipnéia (ofegante), podem causar taquicardia que é o aumento da frequência cardíaca (FC) do paciente. Toda essa sintomatologia pode alterar o estado de consciência o que dificulta o entendimento das orientações para a realização do exame por parte do paciente (KONSTANTINIDES *et al.*, 2014).

Os questionários de decisão clínica específico para TEP são ferramentas que auxiliam a avaliação, sendo os mais utilizados, os de *Wells* e *Geneva*. Esses questionários estratificam o grau de risco de ocorrer a TEP por meio de questões com pontuação, e o somatório dos pontos classifica o grau de risco de ocorrência de TEP em baixo, intermediário e alto (KONSTANTINIDES *et al.*, 2014; DEN EXTER *et al.*, 2012).

O exame de patologia clínica dímero-D é o que avalia a degradação da fibrina, que tem seu valor aumentado devido a processos trombóticos como a TEP. Esse exame realizado pelo método Ensaio de Imunoabsorção Enzimática (ELISA) é

de melhor acurácia com sensibilidade¹ de 97% e especificidade² de 42%, mas com avaliação restrita por também apresentarem processos trombóticos em grávidas, pacientes em processos pós-operatórios, vítimas de traumatismos e pacientes oncológicos. A associação do dímero-D com os resultados dos questionários de *Wells* ou *Geneva*, tornam-se importantes parâmetros para a exclusão diagnóstica nos pacientes classificados com baixo risco para TEP. Em pacientes de risco intermediário ou alto torna-se necessário a realização de exame de imagem e na indisponibilidade desses exames opta-se pelo início do tratamento avaliando-se o risco-benefício dessa conduta (VOLPE *et al.*, 2010; CARAMELLI *et al.*, 2004).

Os exames de imagens rotineiros a que poderão ser submetidos os pacientes com suspeita de TEP são: radiografias de tórax, cintilografia pulmonar de ventilação-perfusão (cintilografia V/Q), angiografia das artérias pulmonares e angiotomografia para TEP (AngioTEP), entre outros (NGC, 2016).

A cintilografia V/Q é um procedimento de imagem não invasivo para o diagnóstico de TEP, obtendo imagens por meio da aplicação endovenosa e a inalação de marcadores radioativos. A avaliação das imagens obtidas permite propor o diagnóstico que é classificado como: baixa probabilidade que exclui a TEP, intermediária que não permite definir o diagnóstico e alta probabilidade, diagnóstico de TEP (DEN EXTER *et al.*, 2012).

A angiografia das artérias pulmonares foi considerada por muito tempo o teste padrão ouro para o diagnóstico de TEP. Este procedimento consiste no posicionamento de um cateter no átrio ou ventrículo direitos do coração por um médico especialista em hemodinâmica, injetando o meio de contraste diretamente nessas câmaras, obtendo assim, imagens das artérias pulmonares por radioscopia que pode confirmar ou excluir o diagnóstico de TEP (STEIN *et al.*, 2006; SILVA *et al.*, 2004).

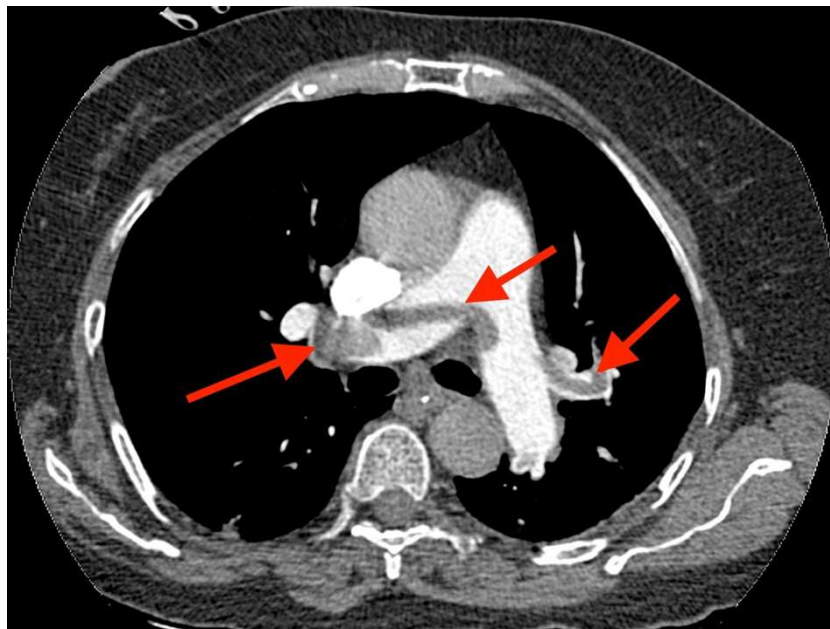
¹ Sensibilidade: Probabilidade de o teste ser positivo quando a doença está presente (ATALLAH *et al.*, 1998).

² Especificidade: Probabilidade de o teste ser negativo quando a doença está ausente (ATALLAH *et al.*, 1998).

Com o desenvolvimento da tecnologia, os tomógrafos helicoidais com múltiplas fileiras de detectores adquiriram velocidade de varredura do tórax, inferiores a 10 segundos (SCHOEPF *et al.*, 2004) o que não ocorre nos tomógrafos com fileira de detector simples³. Tomógrafos com aquisição rápida de dados permitem realização de técnicas para o diagnóstico de TEP, e melhoraram a resolução das imagens dos vasos pulmonares, principalmente nos vasos subsegmentares, tornando-se a principal modalidade de imagem para avaliação de pacientes com suspeita de TEP aguda (VOLPE *et al.*, 2010). Alterando assim a perspectiva do diagnóstico de TEP, esse tipo de exame está substituindo a angiografia das artérias pulmonares pelo baixo custo e a cintilografia V/Q por ser de mais fácil acesso (WITTRAM, 2007).

A AngioTEP é o exame específico para diagnosticar possíveis trombos que possam obstruir a circulação sanguínea pelos pulmões e com isso as imagens características se apresentam sem a contrastação dos trombos. Na Figura 1 pode ser visto as falhas de enchimento de contraste indicados pelas setas, características da TEP, no tronco e ramos da artéria pulmonar.

Figura 1 - Falhas de enchimento por TEP.



FONTE: desenvolvida pelo autor. Setas (vermelhas).

³ Tomógrafos com fileira de detector simples: são os que possuem apenas uma fileira de detector e conseqüentemente adquirindo apenas uma imagem para cada revolução do tubo de raios X (SCHOEPF *et al.*, 2004).

A realização da AngioTEP tem alto grau de complexidade devido aos vários fatores que influenciam a sua realização como: instabilidade clínica e física do paciente, o contraste a ser utilizado, o calibre do acesso venoso disponível, a forma de uso da injetora de contraste e o tomógrafo adequado para a realização do exame (HERTS *et al.*, 2001).

As diretrizes do Colégio Americano de Radiologia (ACR) são revisões sistemáticas da literatura que servem de orientação às equipes médicas (ON CARDIAC *et al.*, 2017). Na diretriz de atendimento a pacientes com suspeita de TEP é estabelecida a cronologia dos exames de imagem para o diagnóstico de TEP, sempre observando os exames com melhor acurácia e com menor exposição do paciente às radiações ionizantes (ON CARDIAC *et al.*, 2017), que são:

1. Radiografias de tórax;
2. Angiotomografia do tórax com contraste intravenoso⁴;
3. TC do tórax com contraste;
4. Cintilografia pulmonar V/Q com Tc^{99m};
5. Ultrassom *duplex scan* com *Doppler* de membros inferiores;
6. TC do tórax sem contraste;
7. Angiotomografia do tórax com “contraste intravenoso” com venografia por TC de membros inferiores;
8. Angioressonância do tórax sem e com contraste intravenoso;
9. Ecocardiografia transtorácica por ultrassom, em repouso;
10. TC do tórax sem e com contraste intravenoso;
11. Arteriografia pulmonar com cateterização do átrio ou ventrículo direito, do coração;
12. Angioressonância do tórax sem contraste intravenoso;
13. Ecocardiografia transesofágica por ultrassom.

Na diretriz do ACR para TEP a radiografia de tórax pósterio-anterior (PA) e lateral (LAT) figura como o estudo de imagem inicial na avaliação de suspeita de TEP, podendo esclarecer outras condições graves que justifiquem os sintomas

⁴ A injeção de contraste iodado intravenoso é parte imprescindível da angiotomografia, não há a possibilidade de uma angiotomografia sem a utilização de contraste iodado pois é o fármaco que evidencia os vasos pulmonares.

apresentados pelos pacientes, eliminando a necessidade de procedimentos radiográficos adicionais, mas não excluindo o TEP (ON CARDIAC *et al.*, 2017; VOLPE *et al.*, 2010).

Nessa diretriz da ACR são indicadas as três variantes de pacientes em caso de suspeita de TEP que necessitam de investigação por exames de imagem e são, pacientes com probabilidade intermediária para TEP e com um dímero-D negativo, pacientes com probabilidade intermediária para TEP e com um dímero-D positivo e pacientes grávidas. Os pacientes que não são indicados por essa diretriz são porque o diagnóstico pode ser descartado ou confirmado clinicamente, pela combinação dos questionários clínicos para TEP e o dímero-D.

Nas duas primeiras variantes apresentadas anteriormente, a AngioTEP figura como segunda opção de método de diagnóstico por imagem, ficando atrás das radiografias de tórax que são a primeira opção por conseguir diagnosticar outras condições críticas que justifiquem os sintomas do paciente. Somente nos casos de pacientes grávidas é que a AngioTEP, passa a ser a terceira opção após a radiografia de tórax e do ultrassom com *Doppler* de membros inferiores para o diagnóstico de TVP (ON CARDIAC *et al.*, 2017; NGC, 2016).

A precisão da AngioTEP comparada aos exames de cintilografia V/Q e angiografia pulmonar, tem-se mostrado altamente sensível e específico. As AngioTEP possuem menos estudos inconclusivos do que as cintilografias V/Q e as angiografias (NGC, 2016).

A AngioTEP tem uma sensibilidade de 90% e especificidade de 95% quando são associados do dímero-D e os questionários de *Wells* ou *Geneva*, a classificação de suspeita alta ou intermediária pelos questionários clínicos, possui um alto Valor Preditivo Positivo (VPP⁵). A combinação de AngioTEP e dímero-D de alta especificidade tem VPP e Valores Preditivos Negativos (VPN⁶) muito altos, em pacientes com baixa suspeita clínica e uma AngioTEP negativa, a TEP aguda pode

⁵ VPP - probabilidade do indivíduo ter a doença quando o teste é positivo (ATALLAH *et al.*, 1998).

⁶ VPN - probabilidade do indivíduo não ter a doença quando o teste é negativo (ATALLAH *et al.*, 1998).

seguramente ser descartada. Além disso, a AngioTEP pode diagnosticar outras patologias responsáveis pelos sintomas do paciente. Não havendo associação dos questionários de *Wells* ou *Geneva* com o teste do dímero-D, as solicitações de exame são embasadas pela sintomatologia dos pacientes, havendo redução na sensibilidade, especificidade, VPP e VPN, de acordo com as prerrogativas dos exames apresentados (NGC, 2016; VOLPE *et al.*, 2010; ATALLAH *et al.*, 1998).

A AngioTEP é um exame onde a falta de uniformidade na sua realização pode contribuir para que os desfechos de alguns exames não sejam de qualidade suficiente para elucidação diagnóstica (NGC, 2016; VOLPE *et al.*, 2010).

As modificações nas técnicas de realização da AngioTEP, podem comprometer a qualidade diagnóstica do exame, causando a repetição de exames ou a novas exposições radiológicas por outros procedimentos de imagem, aumentando significativamente a dose de radiação ionizante a qual o paciente é exposto (HOFER, 2005).

A uniformização dessas técnicas com embasamento técnico-científico pode contribuir para diminuição dos exames em que o nível de contrastação está precoce (aquém) ou tardio (além) do ponto ideal, fornecendo informações para que sejam ajustados os procedimentos e protocolos na realização das angiotomografias com a intenção de padronizar a realização dos exames de AngioTEP.

Essa pesquisa pretende estudar as AngioTEP realizadas em um hospital geral de Belo Horizonte, através de coleta de dados dos prontuários, livros de registros do setor de tomografia e exames realizados nos participantes. Será um estudo retrospectivo no qual a análise estatística dos dados coletados, permitirá identificar a técnica de realização das AngioTEP que apresenta resultados mais adequados à padronização de procedimentos, protocolos e a otimização de dose.

1.1 OBJETIVO

Essa pesquisa busca fundamentar e estabelecer o panorama de realização dos exames conforme o seu desfecho, identificando ainda as condições ideais de realização de AngioTEP.

1.1.1 Objetivo geral

Subsidiar as informações necessárias para auxiliar o diagnóstico por TC de tromboembolia pulmonar além de fornecer para os setores de TC dados e evidências que justifiquem a uniformização de procedimentos e protocolos, a fim de melhorar a sensibilidade, especificidade, valores preditivos positivo e negativo dos exames de AngioTEP.

1.1.2 Objetivos específicos

- a) Revisão bibliográfica.
- b) Verificar, nos livros de registros, os dados dos pacientes que realizaram AngioTEP a partir de 2010 até setembro de 2018 com finalidade de conhecer a população a ser estudada.
- c) Pesquisar, nos prontuários, dos dados de sinais vitais, quantidades de contraste administradas e calibre do acesso venoso dos pacientes, para estabelecer a correlação com dados da execução do exame.
- d) Relacionar, os parâmetros da execução dos exames tomográficos, como tempo total do exame, comprimento de varredura do tórax do paciente, tempo da varredura do tórax do paciente, atraso entre disparo automático e posição de início da varredura, sentido da varredura, a fim de estabelecer a influência desses fatores no desfecho do exame.
- e) Tratar estatisticamente os dados levantados, e a correlação entre os dados da execução dos exames e dados coletados nos prontuários dos pacientes.
- f) Estabelecer os grupos de acordo com o gênero, comprimento de varredura, tempo de varredura, razão de contrastação, nível de contrastação da área de interesse, fluxo de contraste injetado, pela faixa

etária, o membro superior usado no acesso venoso, posição para o início do exame, pela faixa de frequência cardíaca.

- g) Identificar os motivos de exames precoces e tardios, fundamentados em estudos estatísticos e correlações com os exames ideais.
- h) Descrever os fatores que podem influenciar o desfecho dos exames estudados;
- i) Gerar dados e propor o embasamento de confecção de protocolos e procedimentos padronizados para a realização dos exames de AngioTEP;
- j) Produzir informações para otimizar os sistemas, processos e mecanismos de proteção radiológico com finalidade de redução de doses de radiação fornecidas aos pacientes submetidos a uma AngioTEP.

1.2 JUSTIFICATIVA

Para realização de uma angiotomografia três principais fatores a serem considerados são: o tomógrafo, a injetora de contraste e o paciente. Destes três fatores o único que não se tem controle total é do paciente, em contrapartida o tomógrafo e a injetora são controláveis desde que em pleno funcionamento (ACR, 2017).

Não é possível controlar as condições dos pacientes a serem submetidos a angiotomografias. Toda a instabilidade física e clínica que é causada pela sintomatologia de uma TEP, o risco de morte que o paciente apresenta, justifica o início do tratamento sem a realização de exame de imagem ou mesmo a realização do exame em condições clínicas e físicas do paciente adversas às ideais (KONSTANTINIDES *et al.*, 2014).

Portanto, quando é solicitada uma AngioTEP, baseado somente nos sintomas apresentados pelo paciente, são modificados os parâmetros dos protocolos e a não realização de procedimentos pré-estabelecidos. Nesse panorama podem ser acrescentadas incertezas no processo de realização dos exames e causar a perda da qualidade diagnóstica (NGC, 2016; VOLPE *et al.*, 2010).

A modificação de algum parâmetro do protocolo de realização de um exame pode comprometer a qualidade do exame, como por exemplo, a seleção de um protocolo inadequado ao exame, o uso de um acesso venoso com calibre inferior ao recomendado para o exame e conseqüente diminuição do fluxo de injeção de contraste ou mesmo a injeção do contraste sem a utilização de injetora (ACR, 2017).

De acordo com as indicações e evidências, os exames, com uso de TC são uma das variáveis importantes de se conhecer, principalmente porque possuem o tempo de varredura muito curto, e com muitos detalhes a serem seguidos, os quais necessitam de uniformidade durante a aquisição de dados. Esses princípios não sendo estabelecidos ou que não possuindo conformidade podem comprometer a qualidade diagnóstica do exame e sua repetição, expondo o paciente a uma dose de radiação ionizante desnecessária (ACR, 2017).

1.3 ESTRUTURA DA DISSERTAÇÃO

O desenvolvimento do trabalho está distribuído em cinco capítulos, incluindo este introdutório, no qual é apresentada a estrutura geral do trabalho, seus objetivos, a importância do tema abordado e a metodologia utilizada.

No capítulo 2 descreve-se as principais partes de um tomógrafo, características evolutivas das gerações de TC, os protocolos de exames tomográficos, características da tomografia de tórax, particularidades de um protocolo de angiotomografia para TEP e a escala de Hounsfield.

No capítulo 3 apresenta-se os materiais e métodos utilizados nessa pesquisa, alguns dados do hospital, o perfil generalizado da população atendida no hospital, o protocolo do tomógrafo para AngioTEP, as condições clínicas e físicas dos pacientes com suspeita de TEP, os meios de contrastes, características dos acessos venosos, injetoras de contrastes, os níveis de contrastação, como foi realizado as análises das imagens, o cálculo do tamanho da população e as análises estatísticas.

O capítulo 4 trata da apresentação e análise do conjunto de dados obtidos nesse estudo.

No capítulo 5 apresenta-se as conclusões, as considerações finais pertinentes ao estudo e perspectivas futuras.

2 FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA

2.1 A ORIGEM DA TOMOGRAFIA COMPUTADORIZADA

A utilização da TC como método para auxiliar no diagnóstico se iniciou em 1971 com a aquisição das primeiras imagens de crânio, mas esse novo método somente foi divulgado à comunidade científica em 1972 pelo engenheiro eletrônico Godfrey Newbold Hounsfield na Inglaterra, paralelamente, nos Estados Unidos da América o físico Dr. Allan McLeod Cormack também desenvolvia pesquisas na mesma área, sendo os dois pesquisadores agraciados em 1979 com o prêmio Nobel em medicina por suas contribuições para o surgimento e desenvolvimento da TC. Outro fato pioneiro e de relevante importância histórica no surgimento da TC foi o início da utilização da informática no auxílio do diagnóstico por imagem (MOURÃO, 2015; HSIEH *et al.*, 2009; NÓBREGA, 2005; PROKOP *et al.*, 2003).

Anteriormente ao advento da TC o diagnóstico de uma hemorragia subdural ou de um AVE era estabelecido por avaliação clínica, ou por processos neurocirúrgicos com todos seus riscos característicos. Em pouco tempo além de diagnósticos neurológicos, as técnicas tomográficas foram utilizadas para avaliação de outros sistemas e órgãos do corpo humano, beneficiando todos os ramos da medicina a fim de auxiliar os diagnósticos sem a necessidade de abordagens exploratórias (NÓBREGA, 2005).

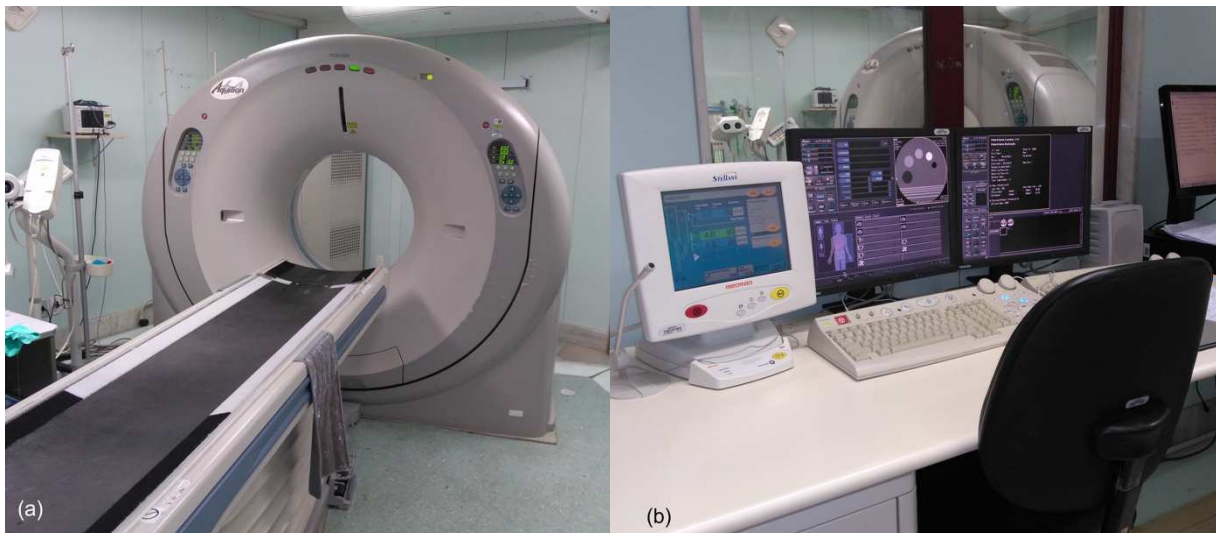
A metodologia de aquisição de imagens por TC combina a utilização de tubo de raios X de alta potência, detectores de raios X, *hardwares* e *softwares* especializados no processamento do grande volume de dados e produção de imagens com alto grau de resolução (HSIEH *et al.*, 2009).

2.2 O TOMÓGRAFO COMPUTADORIZADO

Os tomógrafos computadorizados são constituídos na maioria das vezes pelos mesmos elementos, *gantry*, mesa de exame, mesa de comandos (console), unidade de processamento de imagens, unidade de estabilização e distribuição de energia elétrica. Cada elemento faz parte de um complexo sistema que irá gerar imagens do corpo humano para fins diagnósticos. As evoluções dos tomógrafos

ocorreram principalmente na forma de aquisição de imagens, no número de canais de detecção e na disposição dos detectores no *gantry* (MOURÃO, 2015; NÓBREGA, 2005). O *gantry*, é a estrutura do tomógrafo que comporta o tubo de raios X, os mecanismos que permitem a revolução dos tubos de raios X em torno da mesa de exames, os conjuntos de detectores, a CPU de processamentos de dados, o conjunto de arrefecimento do tubo de raio X, a abertura circular para o deslocamento da mesa de exames e os controles relativos ao *gantry*, como apresentado nas Figuras 2 (a) (HSIEH *et al.*, 2009).

Figura 2 - Partes do tomógrafo.



FONTE: desenvolvida pelo autor.

A mesa de exames é o local onde o paciente é posicionado para a realização do exame, ela se desloca entrando ou saindo do *gantry* em sincronia com o giro do tubo de raios X (MOURÃO, 2015).

A unidade de processamento de imagens é a responsável pelo processamento e conversão dos dados obtidos pelos detectores de radiação para as devidas características dos protocolos e em dados brutos que poderão ser reprocessados posteriormente conforme necessário (HSIEH *et al.*, 2009).

A mesa de comandos Figura 2 (b) é o local de onde o operador da máquina controla todo o processo de aquisição de imagens que envolve, a inserção dos dados cadastrais dos pacientes, a seleção do protocolo de aquisição adequado

ao exame a ser realizado, os pós processamentos, a transferência e o armazenamento das imagens (NÓBREGA, 2005).

A unidade de estabilização e distribuição de energia elétrica, como o próprio nome diz, estabiliza, retifica e distribui a energia elétrica fornecida pela concessionária local, para o funcionamento adequado da máquina (HSIEH *et al.*, 2009).

2.3 A EVOLUÇÃO DOS TOMÓGRAFOS COMPUTADORIZADOS

A evolução tecnológica dos tomógrafos é classificada em gerações. A medida que evoluções tecnológicas significativas são estabelecidas, surgiu uma nova geração de máquinas (NÓBREGA, 2005).

O tomógrafo de 1ª geração foi a máquina apresentada por Hounsfield a comunidade científica em 1972 que consistia em um tomógrafo que emitia um feixe muito estreito de raio X para realizar múltiplas exposições a cada movimento angular do conjunto tubo e detector de raios X, até perfazer 180° entorno do paciente, chegando a cinco minutos o tempo de aquisição de um corte tomográfico (MOURÃO, 2015).

Os tomógrafos de 2ª geração inovaram a forma de aquisições de imagens inserindo um conjunto de detectores de raios X, diferentemente do seu antecessor que possuía apenas um detector. A principal vantagem das máquinas de 2ª geração, em relação a 1ª, foi a redução do tempo de aquisição de cada corte para um minuto, mas mantendo a mesma forma de aquisição de imagem da geração anterior (NÓBREGA, 2005).

Nos tomógrafos de 3ª geração foram apresentadas melhorias como, a mudança da forma de varredura passando para movimentos de rotação contínua do conjunto de tubo e detectores de raios X em forma de arco, diminuindo o tempo de aquisição de cada corte tomográfico para cerca de 2 a 5 segundos. Houve também, o aumento do número de detectores que passou de 40 para aproximadamente 600 detectores na 3ª geração, contribuindo assim para redução do tempo total dos exames (HSIEH *et al.*, 2009).

Nos tomógrafos de 4ª geração foi inserido um anel estático de detectores de raios X, cobrindo os 360° da abertura do *gantry*, aumentando o custo da máquina. Outra evolução apresentada nessa geração foi a tecnologia de anéis deslizantes que permite o funcionamento do tubo de raios X pelos anéis deslizantes e o sistema de escovas sem a utilização de cabos para a transmissão de energia elétrica (MOURÃO, 2015).

De acordo com os avanços tecnológicos dos tomógrafos computadorizados houveram mudanças na forma de aquisição de imagens deixando o modo de aquisição sequencial para adotar o sistema helicoidal onde o conjunto tubo e detectores de raios X revolucionam em torno da abertura do *gantry* simultaneamente ao deslocamento da mesa de exames. A vantagem desta tecnologia é a redução do tempo de aquisição das imagens, por exemplo, no exame de crânio a duração é de alguns segundos. Dessa forma, favorecendo o aumento da utilização das técnicas angiotomográficas, principalmente a AngioTEP pelo aumento da resolução das imagens e por necessitar de tempos de varredura do tórax inferiores a 20 segundos. A partir da implementação e consolidação desta tecnologia os fabricantes passaram a aumentar a quantidade de linhas de detectores, ampliando a área de varredura do feixe de raios X a cada revolução do conjunto tubo-detector, possibilitando a redução das espessuras de cortes tomográficos e expandindo os recursos de pós processamentos das imagens como, a geração de imagens 3D, endoscopias virtuais, reconstruções de imagens com espessura menores que 1 mm, entre várias outras. A partir dessa nova tecnologia as mudanças passaram a ser basicamente no aumento de linhas de detectores e velocidade de rotação do tubo de raios X e no melhoramento dos softwares de processamento e pós processamento das imagens (SANTOS *et al.*, 2009).

O surgimento da tomografia por emissão de elétrons foi o marco para estabelecer a quinta geração de TC. A técnica aboliu a utilização dos tubos de raios X, e passou a utilizar um acelerador de elétrons que colidem com a região dos alvos que perfazem os 180° do arco inferior do *gantry* emitindo raios X em direção a região dos detectores que se localizam nos 180° do arco superior do *gantry*. O aparelho desta geração tem como principais características, aquisições rápidas que possibilitam a obtenção de imagens cardíacas de alta qualidade, a refrigeração dos

alvos ser mais eficiente na dissipação de calor por sua maior área, e por não haver o desgaste que acontece no conjunto tubo detector pela intensa rotação do sistema como no helicoidal (MOURÃO, 2015).

2.4 OS PROTOCOLOS DOS EXAMES TOMOGRÁFICOS

Os protocolos de exames tomográficos são um conjunto de diretrizes predeterminadas para a realização dos exames. Essas diretrizes são configuradas nos tomógrafos pelos especialistas do fabricante, geralmente acompanhado pelo responsável do setor de tomografia com o intuito de que os protocolos tenham equilíbrio na qualidade da imagem e na dose de radiação a que o paciente será exposto (NÓBREGA, 2005). As principais diretrizes dos protocolos são: Tensão em quilovolts (kV), carga aplicada ao tubo de raios X (mA.s), espessura de corte (mm), intervalo entre cortes (mm), filtros de reconstrução, *pitch* (fator de passo), programação do disparo automático, comandos de voz e *delay* para o início do exame.

Os protocolos são divididos por estruturas anatômicas e subdivididos para estruturas ou técnicas mais específicas como, por exemplo, os protocolos (como apresentados nos tomógrafos estudados) para tórax em adultos, são subdivididos nos seguintes protocolos: Tórax Rotina, Tórax com AR / inspiração, Tórax com contraste, Tórax AR / inspiração, Tórax AR / expiração, Angio de Aorta torácica, AngioTEP.

Para cada segmento anatômico, crânio, pescoço, tórax, abdome, pelve, membros superiores e inferiores, coluna vertebral (cervical, torácica, lombar, sacral e coccígea) existem protocolos específicos e suas subdivisões. Para segmentos anatômicos múltiplos também existem protocolos especiais como o que engloba tórax, abdome e pelve na mesma sequência de aquisição de dados (HSIEH *et al.*, 2009; PROKOP *et al.*, 2003).

2.5 A TOMOGRAFIA DE TÓRAX E A ANGIOTOMOGRAFIA DE TÓRAX PARA O DIAGNÓSTICO DE TROMBOEMBOLIA PULMONAR

O estudo do tórax por TC é um método diagnóstico em uso de rotina que visa avaliar doenças pulmonares, sendo iniciado a varredura da região superior ao ápice pulmonar e termina abaixo dos seios costofrênicos. Na TC de tórax são avaliados o mediastino, a parênquima pulmonar, a pleura, os tecidos moles e ósseos da região torácica e os vasos pulmonares (HOFER, 2005).

O protocolo de realização de angiotomografias para o diagnóstico de TEP recomenda que os tomógrafos sejam *multislice* (multidetectors ou multicanais) capazes de realizar aquisições de espessura com 1,0 mm ou 0,5 mm e com alta velocidade de varredura, onde o tempo de varredura do tórax do paciente não seja superior a 10 segundos e também a utilização de meios de contrastes iodados e injetora para a administração automática desses meios de contraste (SCHOEPF *et al.*, 2004). Como salientado por Caramelli *et al.*, (2004) a TC de linha simples de detector não é adequada, pois a velocidade de varredura não é suficiente para a realização da técnica de AngioTEP, fazendo que os exames específicos para TEP apresentem baixa contrastação dos vasos pulmonares, dificultando ou impossibilitando o diagnóstico.

Segundo Bae (2009) o posicionamento para o início das AngioTEP deve começar na base e finalizar no ápice pulmonar, sentido caudo-cranial, evitando, assim, os artefatos de movimento nos lobos inferiores do pulmão onde observam-se maior incidência de tromboembolismos pulmonares.

2.6 CONTRASTE IODADO

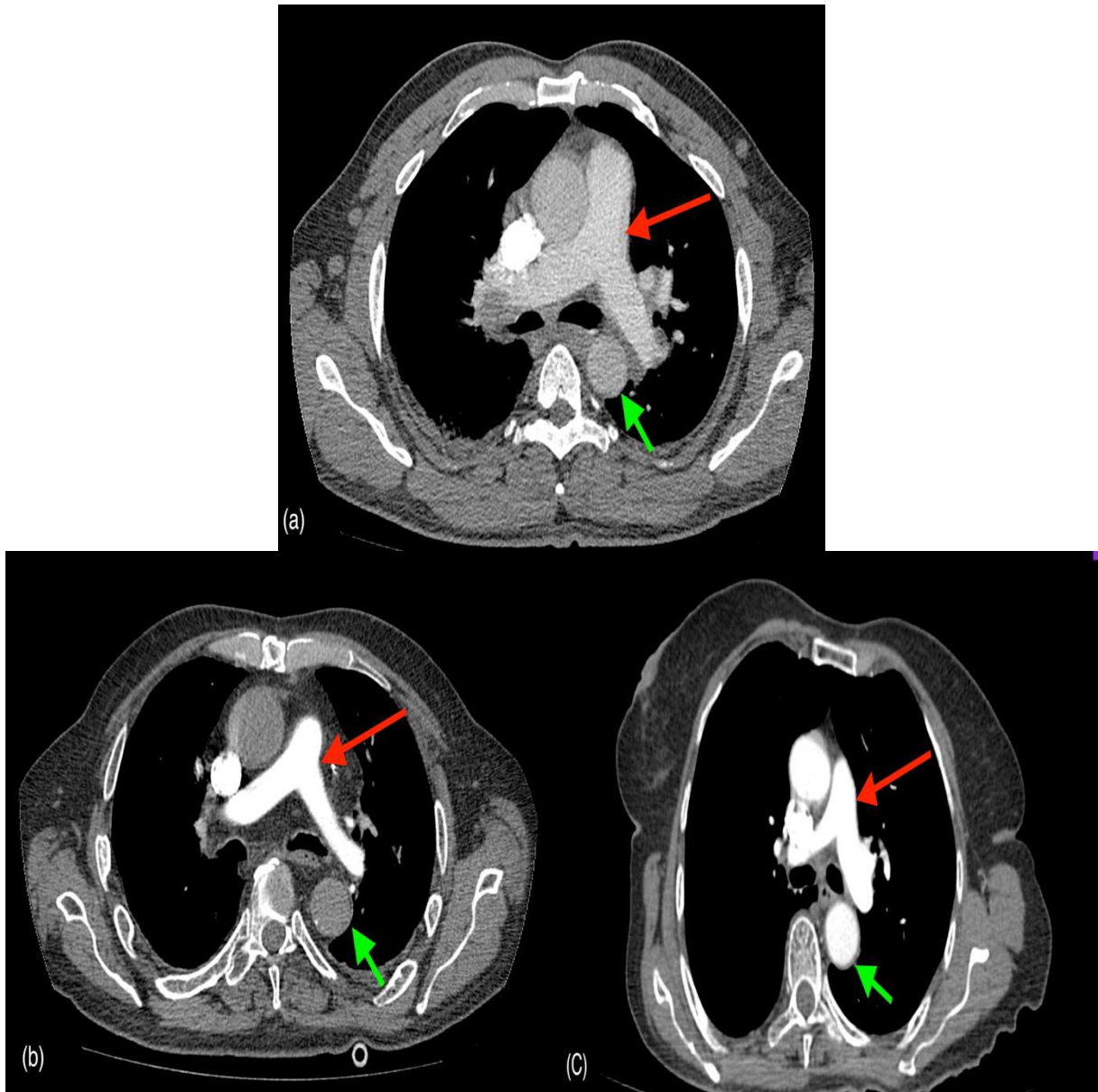
O Departamento de Diagnóstico por Imagem do hospital onde foi realizada a pesquisa, utiliza como meio de contraste o Iopamiron® 300, e ou Omnipaque® 300. O Iopamiron® 300 é um contraste iodado não iônico que contém 612 mg de iodo por ml de solução e é disponibilizado em frascos de 50 ml com uma concentração em Iodo de 300 mg/ml, osmolalidade de 0,64 Osm/kg de H₂O a 37° C, a sua viscosidade a 20° C é de 8,8 mPa.s e a 37° C é de 4,7 mPa.s (BRACCO imaging do Brasil). O Omnipaque® 300 é um contraste iodado não iônico que contém

647 mg de iodo por ml de solução e é disponibilizado em frascos de 50 ml com uma concentração em Iodo de 300 mg/ml, osmolalidade de 0,64 Osm/kg de H₂O a 37° C, a sua viscosidade a 20° C é de 11,6 mPa.s e é de 6,1 mPa.s a 37° C (GE helthcare do Brasil).

O contraste iodado é um fármaco utilizado somente na radiologia diagnóstica para aumentar a densidade do sangue, outros fluidos e cavidades corporais para que se tornem mais opacos à radiação ionizante, diferenciando-os das estruturas adjacentes, podendo ser administrado pelas vias venosa, arterial, oral, retal, entre outras.

As variações no fluxo de administração dos contrastes produzem níveis diferentes de contrastação das estruturas de interesse podendo o nível de contrastação estar precoce (aquém) ou tardio (além) do ponto ideal conforme exemplificado nas Figuras 4 e 5. Outro fator que reflete no nível de contrastação, é o aumento da frequência cardíaca (FC), segundo Bae (2010), a qual afeta diretamente o débito cardíaco do paciente que é o volume de sangue bombeado pelo coração em um minuto, que também pode ser descrito como à FC multiplicada pelo volume de sangue bombeado pela sístole cardíaca. Segundo Guyton, *et al.* (2006) o débito cardíaco sofre grande variação de acordo com o nível metabólico basal corporal, em relação à atividade física, faixa etária e dimensões corporais. Há também variações de acordo com o gênero, para homens saudáveis e jovens em repouso, é aproximadamente de 5,6 l/min (93,33 ml/s), e para mulheres cerca de 4,9 l/min (81,67 ml/s), por convenção o valor de débito cardíaco de um adulto é de 5 l/min (83,33 ml/s).

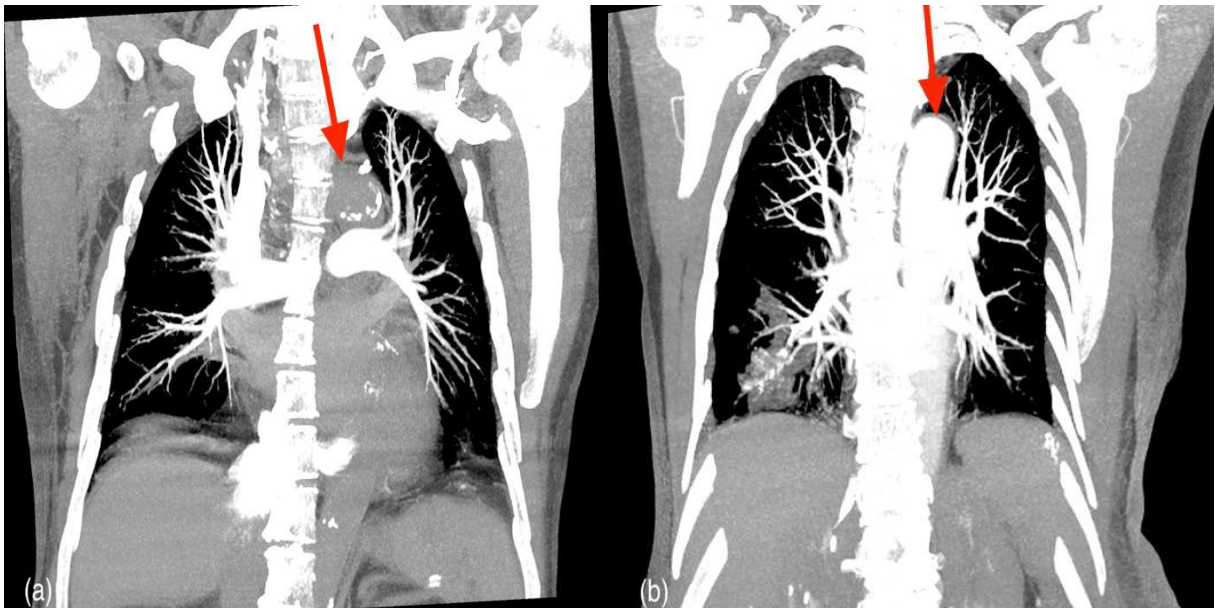
Figura 3 - Níveis de contrastação na região de interesse.



FONTE: desenvolvida pelo autor. (a) precoce; (b) ideal; (c) tardio. Setas longas (vermelhas) região de interesse, setas curtas (verdes) região de não interesse.

Na Figura 3 é apresentado um corte axial do tórax no nível do tronco da artéria pulmonar. A parte (a) apresenta um exame classificado como precoce onde o nível de contrastação da região de interesse está aquém, dificultando ou não possibilitando o diagnóstico. A parte (b) apresenta um nível de contrastação ideal onde o diagnóstico pode ser estabelecido. A parte (c) apresenta um nível de contrastação tardio onde a contrastação está além do ponto ideal causando a sobreposição de estruturas contrastadas dificultando, as análises das imagens, mas não impossibilitando o diagnóstico.

Figura 4 – Reconstrução dos exames com nível de contrastação ideal e tardio em MIP⁷.



FONTE: desenvolvida pelo autor. Níveis de contrastação, (a) ideal, sem sobreposição de regiões contrastadas, seta; (b) tardio, com sobreposição de regiões contrastadas, seta.

Na Figura 4 (a) pode ser observado o exame com nível de contrastação ideal e na Figura 4 (b) o exame com nível de contrastação tardio sendo observado a sobreposição de estruturas contrastadas, o que dificulta a análise das imagens.

Para estudos angiotomográficos é recomendado o uso de contraste de maior densidade para a otimização da contrastação das estruturas a serem estudadas. A densidade sugerida deve estar entre 350 a 370 mg de iodo por ml (ACR, 2016; BAE, 2010; WITTRAM, 2007).

Alguns estudos estabelecem um grau de contrastação mínima para que os vasos estudados tenham opacificação adequada para o médico radiologista estabelecer o diagnóstico. Segundo Halpern (2009), para que sejam garantidas a qualidade e segurança para a detecção das patologias estudadas, a contrastação mínima para avaliação da aorta torácica, da artéria pulmonar e das artérias coronárias, devem estar entre 300 a 350 HU. No entanto, para ACR (2017), o nível mínimo de opacificação nos vasos a serem estudados em qualquer angiotomografia deve estar entre 250 a 300 HU, como requisitos de qualidade e segurança na detecção das patologias investigadas.

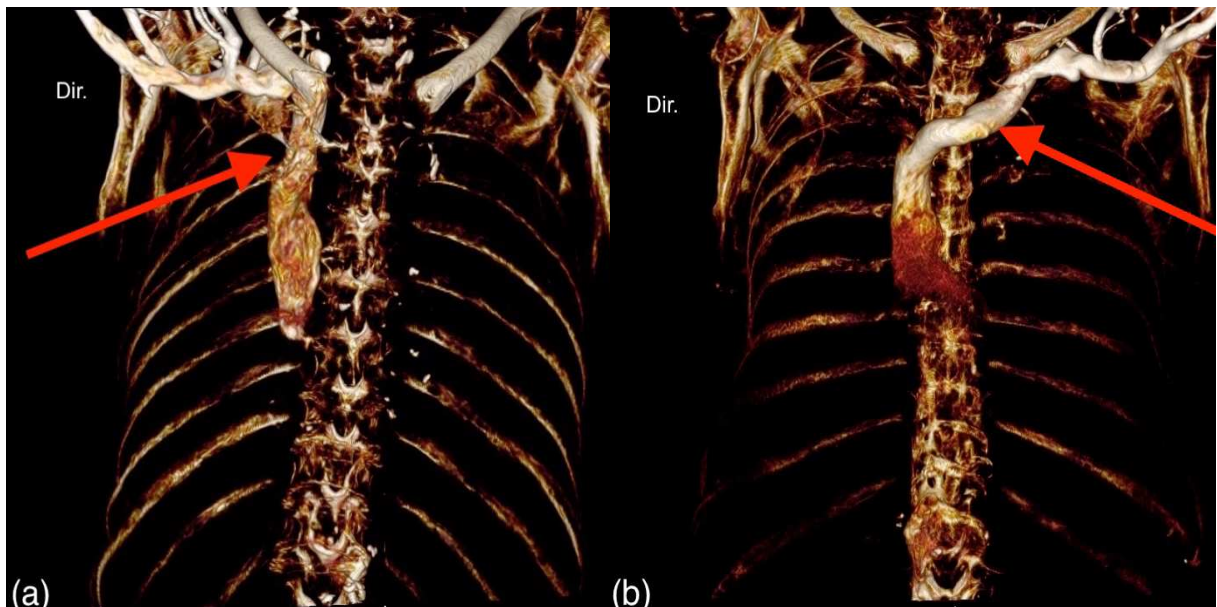
⁷ MIP: Projeção de Máxima Intensidade (HOFER, 2005).

2.7 ACESSO VENOSO

Segundo ACR (2016) uma veia da fossa cubital ou uma grande veia do antebraço é o local preferencial de acesso venoso para a injeção de contrastes por meio das injetoras. O tempo de chegada do contraste e o seu pico de enchimento na região de interesse, é afetado pela escolha do local do acesso intravenoso. A veia da fossa cubital é a mais comumente utilizada e é o local preferido de acesso para a administração de meio de contraste intravenoso. Veias do antebraço ou mão são ocasionalmente usadas para a administração de meios de contraste, mas devido ao seu calibre reduzido, não são adequadas para angiotomografias com um protocolo de injeção com um alto fluxo e por não suportarem cateteres intravenosos com calibres maiores (ACR, 2016; HERTS *et al.*, 2001; BAE, 2010),

No protocolo recomendado pela ACR (2017) na realização de uma angiotomografia torácica, a punção de um acesso venoso no braço direito é preferível ao braço esquerdo, evitando artefatos do meio de contraste não diluído na veia braquiocefálica esquerda, conforme exemplificado na Figura 5.

Figura 5 - Reconstrução 3D do trajeto do contraste no acesso venoso em diferentes membros superiores.



FONTE: desenvolvida pelo autor. (a) Acesso venoso no membro superior direito, (b) Acesso venoso membro superior esquerdo, setas mostram o contraste.

2.8 INJETORA DE CONTRASTE

A injetora é o equipamento que realiza a administração do contraste de forma automatizada com volume e fluxo constantes e pré-programado para cada tipo de exame. As injetoras de seringas duplas podem injetar contraste e soro fisiológico, tanto em fases separadas, quanto em fases simultâneas onde o contraste e o soro fisiológico são injetados ao mesmo tempo, com o controle da diluição entre eles. Os meios de contraste intravenosos para angiotomografias devem ser administrados por injetoras de contraste através de um cateter plástico flexível e com fluxo apropriado ao calibre do cateter (ACR, 2016; HERTS *et al.*, 2001).

2.9 UNIDADE DE HOUNSFIELD (HU)

Nas imagens tomográficas a matriz de reconstrução do coeficiente de atenuação linear dos raios X é convertida na matriz correspondente em HU onde essa escala é relativa ao coeficiente linear baseado na atenuação da água. Para essa escala é atribuído o valor zero para a densidade da água, sendo que valores positivos representam estruturas com densidade maior que zero e valores negativos para estruturas com densidades menores que zero. Assumindo, de acordo com a literatura, a escala de Hounsfield que apresenta valores de, -1000 HU para o ar e +1000 HU para meio de contraste de acordo com a Tabela 1 (MOURÃO, 2015; DANCE *et al.*, 2014).

Tabela 1 – Valores de Hounsfield.

Estrutura	Unidade de Hounsfield (HU)	Faixa de escala das estruturas (HU)
Meio de contraste	1000	100 a 1000
Osso cortical	900	250 a 900
Fígado	60	50 a 70
Sangue	55	50 a 60
Rins	30	20 a 40
Músculo	25	10 a 40
Substância cinzenta cerebral	35	30 a 40
Substância branca cerebral	25	20 a 30
Água	0	-
Gordura	-90	-100 a - 80
Pulmão	-750	-950 a - 600
Ar	-1000	-

FONTE: adaptada e traduzida pelo autor de (MOURÃO FILHO, 2015; DANCE *et al.*, 2014).

3 MATERIAIS E MÉTODOS

Esse estudo foi devidamente aprovado pelo Comitê de Ética em Pesquisa - COEP da UFMG⁸ - ANEXO A, e pretende realizar um estudo retrospectivo de coleta e análises de dados dos prontuários, livros de registro do setor de tomografia e exames realizados na Instituição, sendo analisados os exames de angiotomografias para o diagnóstico de tromboembolismo pulmonar no período de novembro de 2013 a setembro de 2018, realizados no Hospital.

3.1 CARACTERÍSTICAS DO HOSPITAL

O hospital onde foi realizada a pesquisa é um hospital geral⁹, universitário e público com área física construída aproximada de 63.400 m², com um total de 507 leitos sendo 55 leitos de CTI. Contabiliza uma população atendida aproximada de 440 mil pessoas por ano, 1.500 internações por mês, 4.500 atendimentos de urgência por mês e cerca de 59 mil exames de imagem por ano. No ano de 2018 foram realizadas aproximadamente 13 mil tomografias computadorizadas, dentre essas foram avaliadas nesse estudo 134 angiotomografias para o diagnóstico para TEP, realizadas no período de janeiro a setembro de 2018. No hospital são realizadas atividades de ensino, pesquisa e assistência, sendo referência no sistema municipal e estadual de saúde no atendimento aos pacientes portadores de patologias de média e alta complexidade. O hospital é uma unidade especial da universidade a que está vinculado e é campo de ensino para os cursos de medicina, enfermagem, farmácia, fisioterapia, odontologia, terapia ocupacional, psicologia, nutrição, fonoaudiologia, gestão em saúde, tecnologia em radiologia, entre outros.

3.2 O PERFIL DOS PACIENTES ATENDIDOS NO HOSPITAL

O perfil dos pacientes atendidos no hospital é variado sendo distribuído em atendimentos de urgências até tratamentos eletivos, tais como pacientes em

⁸ Por ser um estudo retrospectivo foi solicitado a dispensa de utilização do Termo de Consentimento Livre e Esclarecido para essa pesquisa, sendo aprovado a dispensa pelo COEP-UFMG (ANEXO A).

⁹ "Hospital destinado à prestação de atendimento nas especialidades básicas. Pode dispor de serviço de Urgência e Emergência. Deve dispor também de Serviços Auxiliares ao Diagnóstico e Terapêutica de média complexidade (MINISTÉRIO DA SAÚDE)".

atendimento clínico, cirúrgico, ginecológico, obstétrico, oncológico e pacientes em tratamento paliativo. Essa gama de pacientes atendidas no hospital faz com que o estudo para tromboembolia pulmonar seja constante e rotineiro no Departamento de Tomografia Computadorizada.

3.3 TOMOGRAFIA COMPUTADORIZADA DO TÓRAX DE ROTINA PARA ADULTOS

Os parâmetros para a realização de uma TC de tórax de rotina em adultos no hospital onde foi realizada essa pesquisa são, tensão de 120 kV, mA.s com modulação automática, *Spiral Pitch* 0,828, espessura de corte 2,0 mm, intervalo entre cortes 1,0 mm, tempo de rotação de tubo em 0,5 segundo, com varredura no sentido crânio-caudal e apneia única com inspiração profunda.

3.3.1 Contraste iodado

No Departamento de Diagnóstico por Imagem do hospital, utiliza-se o meio de contraste, de acordo com a disponibilidade em estoque. Essa alternância se dá pela forma de aquisição de materiais e medicamentos pelo hospital, que é realizada por meio de concorrência pública. A falta de apontamento específico do contraste usado nas AngioTEP inviabilizou a análise do desfecho do exame em relação à alternância da utilização dos fabricantes do contraste iodado.

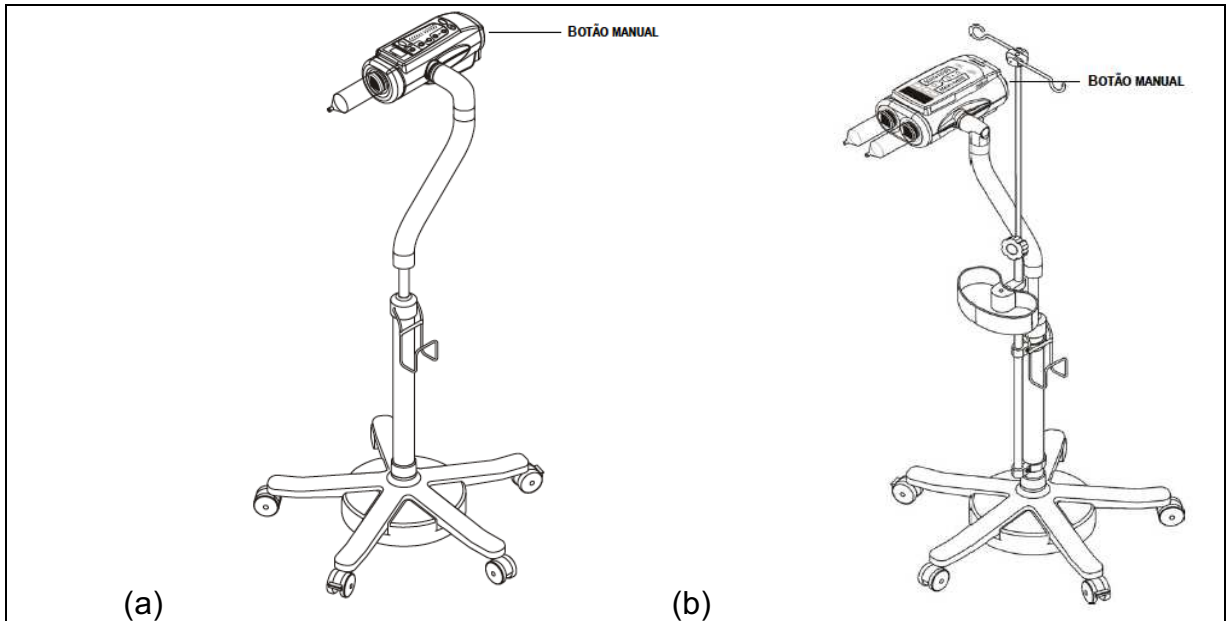
A administração do contraste é feita após avaliação e assinatura pelo médico radiologista ou residente em radiologia, do Termo de Consentimento Informado Livre e Esclarecido – TCILE - ANEXO B, em forma de questionário, que é aplicado com o intuito de verificar condições pré-existentes que contraindiquem a utilização do meio de contraste.

3.3.2 injetora de contraste

O setor de TC do hospital, possui duas injetoras de contraste do fabricante MEDRADE nos modelos Vistron CT® Figura 6 (a) e Stellant® Figura 6 (b). Segundo o fabricante as duas possuem as qualidades técnicas para a realização do exame de AngioTEP e angiotomografias de outras estruturas. As diferenças entre

elas são que a Stellant® possui um sistema mais moderno e possui duas cabeças de injeção, possibilitando a injeção de contraste e soro fisiológico no mesmo protocolo de injeção, de forma separada ou conjunta havendo também o controle da diluição entre o contraste e o soro fisiológico e a Vistron CT® é menos moderna e possui sistema simples onde somente contraste pode ser injetado.

Figura 6 - Injetoras de contraste de seringa única e seringa dupla.



FONTE: BAYER.

O extravasamento de contraste para os tecidos subcutâneos ou musculares adjacentes são complicações decorrentes da utilização de injetoras. Para avaliar o comportamento do acesso venoso ao fluxo que será administrado, algumas injetoras de duas cabeças de injeção permitem a realização de um procedimento chamado teste de acesso venoso, onde se faz a administração prévia de um volume de soro fisiológico com o mesmo fluxo com o qual será injetado o contraste, pois a ocorrência de extravasamento durante o teste de acesso venoso é menos grave em relação ao extravasamento de contraste (BAE, 2010).

Nesse estudo ambas as injetoras foram utilizadas na realização dos exames, mas sem identificação de qual injetora foi utilizada, inviabilizando a análise do desempenho individualizado das mesmas.

3.4 ANGIOTOMOGRAFIA PARA TEP

No hospital o tomógrafo utilizado para a realização de AngioTEP é o modelo Aquilion® de 64 canais da CANON Medical.

Os parâmetros para a realização do exame no tomógrafo são tensão de 120 kV, carga com modulação automática de corrente, *Spiral Pitch* de 0,828, espessura de corte de 1,0 mm, intervalo entre cortes de 0,8 mm e rotação de tubo em 0,5 segundos, disparo automático programado para leitura do contraste com valor de 80 HU no tronco da artéria pulmonar, com varredura no sentido caudo-cranial e apneia sem inspiração profunda.

De acordo com o levantamento no setor de TC da Instituição estudada, existem variações para realização nas técnicas dos exames e esses parâmetros são modificados basicamente por três motivos:

- a) Adaptação do protocolo do tomógrafo a fim de modificar o valor de HU e a leitura da densidade, para uso com disparo automático a fim de melhoria da qualidade do exame;
- b) Redução do fluxo da injeção quando o calibre do acesso é menor que o recomendado;
- c) Realização da injeção de contraste de forma manual por indisponibilidade da injetora como desabastecimento de insumos ou falha.

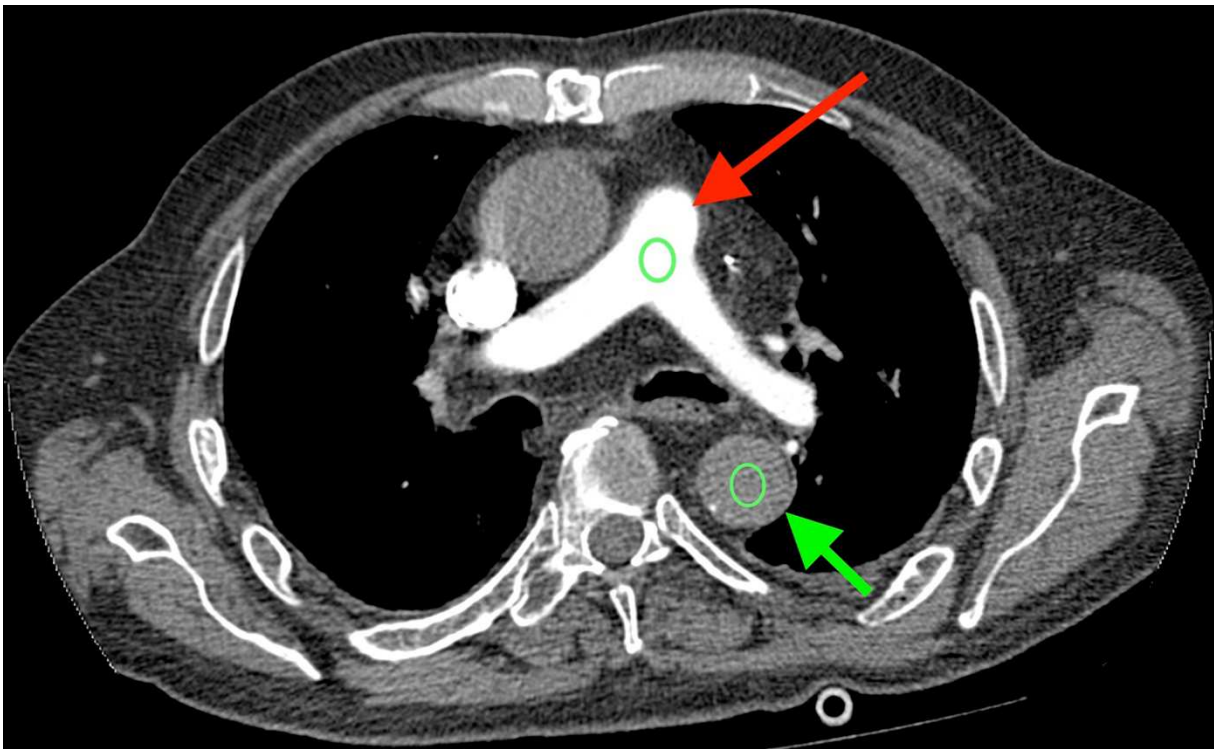
No setor de tomografia computadorizada do hospital existe outro tomógrafo, modelo Asteion® de 04 canais da CANON Medical.

No mês de janeiro de 2015 foram realizadas AngioTEP no tomógrafo Asteion® pelo fato de o tomógrafo Aquilion® estar em manutenção corretiva. Para que se possa ter um comparativo entre as técnicas na realização de AngioTEP dos tomógrafos foram utilizados os exames realizados em ambas as máquinas.

3.5 ESTUDO DO NÍVEL DE CONTRASTAÇÃO COM UTILIZAÇÃO DA FERRAMENTA DE LEITURA DE VALORES DE HU

Dentre o volume de imagens de cada paciente, geradas pelo tomógrafo, foi selecionada para o estudo de nível de contrastação da região de interesse, a imagem que melhor visualiza o tronco da artéria pulmonar. Após isso, foi utilizado a ferramenta de leitura de valores de HU (ROI) na mesma imagem para conhecer os valores em HU do sangue no interior do tronco da artéria pulmonar e na aorta descendente como exemplificado na Figura 7. Para o estudo do nível de contrastação foi utilizado o valor médio do HU da área do ROI.

Figura 7 – Posicionamento das ROI para leitura dos valores em HU.



FONTE: desenvolvida pelo autor.

Como padrão, foi construída a ROI elíptica (em verde) Figura 7, com área, formato e tamanho iguais para estabelecer a leitura dos valores em HU da região de interesse e associar ao estudo da Razão de Contrastação (R_{zC}) entre as áreas lidas pelas ROI e aplicar na Equação 1.

$$\frac{ROI_t}{ROI_a} = R_{zC} \quad (1)$$

onde a ROI_t está posicionada no tronco da artéria pulmonar para leitura dos valores em HU, e a ROI_a posicionada na aorta descendente e R_zC , conforme apresentado na Figura 7, é o resultado da divisão entre as leituras das estruturas anteriores e foi denominada como Razão de Contrastação.

A Razão de Contrastação (R_zC) foi determinada para comparar o nível de contrastaçoão da artéria pulmonar com a Aorta. Sendo que, em condições ideais não deveria apresentar contrastaçoão na Aorta, para não sobrepor os segmentos das artérias pulmonares pelos segmentos das veias pulmonares com níveis de contrastaçoão semelhante, dificultando a análise da AngioTEP pelo médico radiologista.

3.6 PROGRAMA COMPUTACIONAL HOROS

Para a realização desse estudo foi utilizado o *software Horos* na seleção da imagem adequada para cada paciente, na geração e posicionamento das ROI, na coleta de dados dos HU médios em cada ROI, coleta de dados no metadados das imagens, além de ser utilizado para gerar imagens na ilustração do estudo. O *software Horos* é um programa computacional de código aberto para visualização de imagens médicas produzido pelo *Horos Project* para a plataforma Mac OS X da *Apple Inc.*. Suas principais finalidades são: a visualização de imagens médicas, renderização em 3D, reconstruções multiplanares e curvas, medidas lineares e de densidades. Sua principal restrição é a falta de licenciamento pela *Food and Drug Administration* (FDA) para utilização em diagnósticos médicos, contudo ele é amplamente utilizado no meio médico como auxílio em diagnóstico. O programa é licenciado pela *GNU Lesser General Public License*, que é aprovada pela *Free Software Foundation* (HOROS, 2017).

3.7 CÁLCULO DO TAMANHO DA POPULAÇÃO PARTICIPANTE DO ESTUDO

Para determinar o tamanho da população a ser estudada foi utilizado a formulação estatística para descrição de variáveis quantitativas em uma população, como indicado na Equação 2,

$$N = \frac{\left(Z_{\frac{\alpha}{2}} \times \delta \right)^2}{\epsilon^2} \quad (2)$$

onde, N é o tamanho da população a ser estudada, $Z_{\alpha/2} = 1,96$ para o nível de confiança de 95% (com erro adotado de $\alpha = 5\%$), $\delta = 50\%$ (desvio padrão populacional da variável) e ϵ o erro-padrão (HULLEY *et al.*, 2008). O cálculo do tamanho da amostra usou como base o número médio de pessoas atendidas ao ano no hospital, e resultou em N igual a 385, indicando o número mínimo de participantes, para que a pesquisa tenha validação estatística sendo adotado o erro de 5%.

3.8 ANÁLISE ESTATÍSTICA

Para a análise estatística foi utilizado o programa IBM SPSS statistic versão 19, distribuído e licenciado pela UFMG.

Foram realizadas quatro análises estatísticas.

Estudo estatístico descritivo por médias aritméticas (\bar{x}) e o desvio padrão da média (\bar{s}) de cada grupo;

Teste t bilateral para verificar a existência ou não de diferenças significativas entre as variáveis estudadas, sendo adotado o nível de significância estatística de 5% (0,05) por meio da análise do valor-p $< 0,05$ como indicativo da existência de diferença estatística significativa entre os valores médios dos grupos estudados e valor-p $> 0,05$ como indicativo de não existências de diferenças estatísticas significantes. A inexistência de diferenças estatísticas significativas não implica que essas diferenças não tenham relevância clínica (HULLEY *et al.*, 2008);

Coefficiente de Variação (CV) expresso em porcentagem, para estabelecer a homogeneidade ou a heterogeneidade dos grupos. De acordo com Soares *et al.* (2002) os valores até 25% indicam grupos razoavelmente homogêneos e acima disso heterogêneos;

Correlação de Pearson (ρ), para avaliar o grau com que as variáveis se associam linearmente a qual pode ser estimada pelo Coeficiente de Correção de Pearson que é um índice adimensional com valores situados entre -1,00 e +1,00. Valores negativos indicam uma correlação do tipo inversa, ou seja, quando uma variável aumenta, a outra em média diminui e vice-versa. Para isso foi utilizada a escala de referência para os valores de Pearson (PAGANO *et al.*, 2004; CALLEGARI-JACQUES *et al.*, 2003) como sendo:

- $0,00 < | \rho | < 0,30$ – Correlação linear fraca;
- $0,30 \leq | \rho | < 0,60$ – Correlação linear moderada;
- $0,60 \leq | \rho | < 0,90$ – Correlação linear forte;
- $0,90 \leq | \rho | < 1,00$ – Correlação linear perfeita ou muito forte.

4 RESULTADOS E DISCUSSÕES

Os resultados obtidos no período da pesquisa, a quantidade de participantes pertencentes a cada gênero, comprimento de varredura, tempo de varredura, os fluxos de injeção de meios de contraste iodado e seus níveis de contrastação, o desfecho da AngioTEP de acordo com a faixa de FC dos participantes, a possível influência do lado do membro superior em que o acesso venoso foi puncionado no nível de contrastação obtido, o resultado de acordo com o posicionamento para o início do exame, são apresentados nesse capítulo, acompanhados de suas análises.

4.1 DIVISÃO DA POPULAÇÃO ESTUDADA

As variações nas dimensões corporais, atividade metabólica, débito cardíaco entre outros, são parâmetros que se diferenciam entre os gêneros justificando a divisão da população participante desse estudo por gênero.

Com a divisão da população foi estabelecida o número de membros da população, a média de idade e o coeficiente de variação para os gêneros feminino e masculino como apresentado na Tabela 2.

Tabela 2 – Divisão da população por gênero.

Gênero	Quantidade	População	Idade		Coeficiente de variação
	N	%	Média	SD	(%)
Feminino	330	65,48	55,86	16,88	30,39
Masculino	174	34,52	56,86	16,87	29,56

FONTE: desenvolvida pelo autor.

O gênero feminino representa 65,48% e o masculino representa 34,52%, apresentando para o teste t e a correlação de Pearson (valor-p = 0,367) e ($\rho = 0,004$) respectivamente, que indica a não existência de diferença estatística significativa e a correlação linear mostrando que a associação entre as médias de idade dos gêneros feminino e masculino é fraca. Ambos os gêneros apresentaram coeficiente de variação acima de 25% indicando heterogeneidade desses grupos.

O maior percentual é do gênero feminino, conforme Konstantinides *et al.* (2014) pode ser explicado pelos fatores de risco temporariamente provocados ou reversíveis para TEP, que são as cirurgias, traumas, imobilização, gravidez, uso de contraceptivo oral e terapia de reposição hormonal, sendo que 50% desses fatores são quase que exclusivamente associados ao gênero feminino.

4.2 AVALIAÇÃO DO COMPRIMENTO DE VARREDURA, TEMPO DE VARREDURA E R_ZC DA ANGIOTEP

Na Tabela 3 estão indicados os dados obtidos no tomógrafo de 64 canais, para comprimento de varredura, tempo de varredura e razão de contrastação para os gêneros, e suas análises estatísticas, onde o grupo feminino apresenta 330 participantes e o grupo masculino 174 participantes.

Tabela 3 – Resultados do comprimento de varredura, tempo de varredura e R_ZC para os gêneros

	Feminino			Masculino		
	Parâmetros		Coeficiente de variação (%)	Parâmetros		Coeficiente de variação (%)
	Média	SD		Média	SD	
Comprimento de varredura (mm)	269,54	28,40	10,54	293,47	30,20	10,29
Tempo de varredura (s)	5,20	1,18	22,69	5,69	1,35	23,72
Razão de contrastação	3,86	3,63	94,04	4,07	3,17	77,89

FONTE: desenvolvida pelo autor.

Ao comparar os dados da Tabela 3 entre os gêneros, em relação ao comprimento da área da varredura são encontrados o (valor-p = 0,02) e ($\rho = -0,408$), indicando que há diferença estatística significativa entre os gêneros. A correlação linear é moderada com sinal negativo. Diante disso, os resultados indicam que quando existe variações nos comprimentos de varredura, essas variações apresentam relevância estatística, como demonstrado na Tabela 3.

Para o tempo de varredura os estudos estatísticos foram (valor-p = 0,002) e ($\rho = -0,414$) que indicam diferença estatística significativa e a correlação linear apresenta associação moderada.

Na comparação das R_{zC} pelo teste t e pela correlação de Pearson são apresentados os resultados (valor-p = 0,187) e ($\rho = -0,058$) que não representa diferença estatística significativa, e a correlação linear indica uma associação fraca entre os gêneros feminino e masculino.

Os resultados dos dois tomógrafos da instituição de saúde, onde foram realizados os exames para o diagnóstico de tromboembolia pulmonar é indicado na Tabela 4.

Tabela 4 – Dados do comprimento de varredura, tempo de varredura da R_{zC} dos tomógrafos do hospital.

Tomógrafo	Amostras N	Comprimento de varredura (mm)		Tempo de varredura (s)		Razão de Contrastação	
		Média	SD	Média	SD	Média	SD
Aquilion®	504	277,80	31,95	5,38	1,26	3,94	3,47
Asteion®	5	270,20	24,05	16,88	1,50	0,78	0,39

FONTE: desenvolvida pelo autor.

O estudo pela estatística descritiva, indicou que os comprimentos de varredura apresentaram valores aproximados entre os tomógrafos, mas o tomógrafo Asteion apresentou uma média de tempo de varredura 3 vezes maior que o tomógrafo de 64 canais, e a R_{zC} quase 5 vezes menor em média comparando com o tomógrafo de 64 canais.

4.3 AVALIAÇÃO DA CONTRASTAÇÃO MÉDIA E R_{zC} COMPARADAS COM AS VARIAÇÕES DE FLUXO DE INJEÇÃO DE CONTRASTE

Na Tabela 5 são indicados os níveis médios de contrastação no tronco da artéria pulmonar, valores das médias da R_{zC} e os respectivos desvios padrões para os protocolos de injeção de contraste que é a associação do fluxo de injeção de contraste (ml.s^{-1}) com o valor de HU, programado para o início automático das AngioTEP.

Tabela 5 – Resultado do nível de contrastação e R_zC dos protocolos de injeção de contraste na população estudada.

Protocolo de injeção de contraste		Amostras N	Nível de contrastação (HU)		Razão de Contrastação	
ml.s ⁻¹	HU		Média	SD	Média	SD
Injeção Manual	-	5	241,16	177,06	2,66	3,56
3,5	90	19	293,91	114,16	3,68	2,79
4,0	90	1	222,70	-	2,29	-
4,5	90	1	291,70	-	1,21	-
3,5	70	3	216,87	46,46	1,90	0,72
4,0	70	2	266,00	12,02	1,98	0,56
3,5	75	1	336,90	-	1,31	-
4,0	75	1	208,50	-	1,56	-
2,5	80	1	113,60	-	2,44	-
3,0	80	3	250,93	136,46	2,15	0,89
3,5	80	3	220,30	15,17	1,50	0,36
4,0	80	389	331,99	104,55	3,91	3,22
4,5	80	67	344,43	118,76	4,69	4,82
5,0	80	7	334,23	138,03	4,27	3,78

FONTE: desenvolvida pelo autor.

No protocolo de injeção de contraste 3,0 ml.s⁻¹ para 80 HU, uma das amostras apresentou uma contrastação média 4,5 vezes maior que a maior amostra do grupo, causando discrepância no nível de contrastação e na razão de contrastação, sendo necessário a eliminação da amostra discrepante para o conhecimento do real valor de média e desvio padrão da amostra.

Ao examinar os resultados da Tabela 5, verifica-se que o protocolo de injeção de contraste que apresenta maior resultado em nível médio de contrastação e R_zC é o que utiliza o fluxo de injeção de 4,5 ml.s⁻¹ para a programação de 80 HU, com média de nível de contrastação de (344,43 ± 118,76) HU e R_zC (4,69 ± 4,82). Quando esse protocolo de injeção de contraste é comparado com alguns protocolos da Tabela 5 são apresentados os seguintes resultados:

- a) Injeção manual de contraste (valor-p = 0,656);

- b) Protocolo de injeção de $4,0 \text{ ml.s}^{-1}$ para 80 HU (valor-p = 0,502) e ($\rho = -0,143$);
- c) Protocolo de injeção de $5,0 \text{ ml.s}^{-1}$ para 80 HU (valor-p = 0,845).

A correlação de Pearson, nessa etapa do estudo, não foi realizada para os protocolos de injeção manual de contraste e protocolo de injeção de $5,0 \text{ ml.s}^{-1}$ para 80 HU por não atender aos critérios de validade estatística, apresentando amostragem insuficiente. Para o protocolo de injeção $4,0 \text{ ml.s}^{-1}$ a correlação de Pearson indicou uma associação fraca com o protocolo $4,5 \text{ ml.s}^{-1}$.

A inexistência de diferenças estatísticas na comparação pelo teste t do protocolo de injeção de contraste $4,5 \text{ ml.s}^{-1}$ para 80 HU com os protocolos de Injeção manual de contraste, $4,0 \text{ ml.s}^{-1}$ para 80 HU e $5,0 \text{ ml.s}^{-1}$ para 80 HU, como apresentados nos resultados, mesmo as diferenças estatísticas não sendo significativas, o protocolo de injeção de contraste de $4,5 \text{ ml.s}^{-1}$ para 80 HU apresenta o maior nível médio de contrastação entre os protocolos de injeção de contraste apresentados na Tabela 5.

A comparação da R_zC do protocolo de injeção $4,5 \text{ ml.s}^{-1}$ para 80 HU com os mesmos protocolos utilizados no estudo de comparação do nível médio de contrastação, foi realizada e é apresentado os resultados a seguir:

- a) Injeção manual (valor-p = 0,466);
- b) $4,0 \text{ ml.s}^{-1}$ para 80 HU: (valor-p = 0,141) e ($\rho = -0,071$);
- c) $5,0 \text{ ml.s}^{-1}$ para 80 HU: (valor-p = 0,845).

Pela análise do teste t, dos protocolos, injeção manual, $4,0 \text{ ml.s}^{-1}$ para 80 HU e $5,0 \text{ ml.s}^{-1}$ para 80 HU, não apresentaram diferença estatística significativa e no protocolo $4,0 \text{ ml.s}^{-1}$ para 80 HU a correlação linear apresenta associação fraca.

Nos protocolos de injeção manual e $5,0 \text{ ml.s}^{-1}$ para 80 HU, não apresentam os valores da correlação de Pearson por não atender aos critérios de validade estatística, devido ao número insuficiente de amostras para essa correlação. Embora não haja diferença estatística significativa entre os protocolos de injeção de

contraste utilizados nessa análise, houve o destaque do protocolo de injeção de contraste 4,5 ml.s⁻¹ para 80 HU apresentar a maior R_zC.

4.4 AVALIAÇÃO DA R_zC DA POPULAÇÃO PELO FLUXO DE INJEÇÃO DE CONTRASTE ESTUDADO POR GÊNERO

Nessa fase, as médias de R_zC são apresentadas na Tabela 6 de acordo com cada protocolo de injeção de contraste para estabelecer as diferenças entre os gêneros feminino e masculino.

Tabela 6 – Resultado da R_zC por protocolo de injeção de contraste para os gêneros.

Protocolo de injeção de contraste		Feminino			Masculino		
		Amostra	Razão de contrastação		Amostra	Razão de contrastação	
ml.s ⁻¹	HU	N	Média	SD	N	Média	SD
Injeção Manual		3	3,52	4,75	2	1,38	0,06
3,5	90	14	3,51	2,52	5	4,17	3,72
4,0	90	1	2,29		2	2,29	1,65
4,5	90	1	1,21		-	-	-
3,5	70	1	1,58		2	2,06	0,94
4,0	70	-	-		2	1,98	0,56
3,5	75	1	1,31		-	-	-
4,0	75	-	-	-	1	1,56	
2,5	80	-	-	-	1	2,44	
3,0	80	3	2,15	0,89	-	-	-
3,5	80	3	1,50	0,36	-	-	-
4,0	80	256	3,82	3,31	131	4,13	3,05
4,5	80	41	4,57	5,46	26	4,89	3,66
5,0	80	5	3,83	3,55	2	5,38	5,64

FONTE: desenvolvida pelo autor.

Pode ser evidenciado que para o gênero feminino o protocolo de injeção de contraste que apresentou a maior média de R_zC foi o 4,5 ml.s⁻¹ para 80 HU e para o gênero masculino foi o de 5,0 ml.s⁻¹ para 80 HU.

Na Tabela 7 são apresentados os resultados dos testes t para os gêneros feminino e masculino utilizando como base para os estudos estatísticos o protocolo que apresenta maior R_ZC para cada gênero.

Tabela 7 – Resultado do teste t da R_ZC por protocolo de injeção de contraste para os gêneros.

Protocolo de injeção de contraste		Feminino	Masculino
		4,5 ml.s ⁻¹ e 80 HU	5,0 ml.s ⁻¹ e 80 HU
ml.s ⁻¹	HU	Teste t (valor-p)	Teste t (valor-p)
Injeção Manual		0,721	0,495
3,5	90	0,871	0,743
4,0	80	0,289	0,863
4,5	80	-	0,915
5,0	80	0,423	-

FONTE: desenvolvida pelo autor.

Como pode ser observado na Tabela 7 os resultados de todos os testes t não apresentaram diferenças estatísticas significativas. A correlação de Pearson foi realizada somente para o grupo feminino no protocolo de injeção de 4,0 ml.s⁻¹ para 80 HU e apresentou ($\rho = 0,063$) indicando uma associação fraca entres os protocolos. Nos demais grupos e protocolos não foram realizados a correlação de Pearson por apresentarem amostras insuficientes para a realização do estudo.

Quando são comparados os mesmos protocolos de injeção de contraste da Tabela 6 entre os gêneros feminino e masculino são apresentados os seguintes resultados:

- a) 4,0 ml.s⁻¹ para 80 HU (valor-p = 0,447) e ($\rho = 0,073$);
- b) 4,5 ml.s⁻¹ para 80 HU (valor-p = 0,061) e ($\rho = 0,272$);
- c) 5,0 ml.s⁻¹ para 80 HU (valor-p = 0,312).

Para os resultados do teste t na comparação entre os gêneros feminino e masculino, não foram observadas diferenças estatísticas significativas e a correlação de Pearson apresentou associação fraca, excetuando o protocolo de injeção de

contraste de $5,0 \text{ ml.s}^{-1}$ para 80 HU em que a correlação de Pearson não foi realizada por não atender aos critérios de validade estatística, e apresentar amostra insuficiente para a análise.

4.5 AVALIAÇÃO DA POPULAÇÃO AMOSTRAL DA R_zC EM RELAÇÃO AO GÊNERO E FAIXA ETÁRIA

Para a compreensão do comportamento da R_zC em função do gênero e faixa etária, foi realizado a divisão da população como identificado na Tabela 8 e realizado os estudos estatísticos.

Tabela 8 – Resultados da R_zC dos gêneros por faixa etária.

Faixa Etária (anos)	Feminino			Masculino		
	Amostras	Razão de Contrastação		Amostras	Razão de Contrastação	
		N	Média		SD	N
18 a 20	3	1,69	0,31	3	2,58	1,51
21 a 30	25	3,53	3,29	14	1,95	0,89
31 a 40	42	2,22	1,28	13	2,83	2,22
41 a 50	51	2,84	2,83	29	3,48	2,60
51 a 60	66	3,81	3,45	32	3,91	3,31
61 a 70	71	3,84	3,18	45	4,57	3,44
71 a 80	52	5,65	4,78	30	5,77	3,22
81 a 90	18	5,94	4,53	8	5,21	3,26
91 a 100	2	9,48	10,71	-	-	-

FONTE: desenvolvida pelo autor.

Os resultados apresentados na Tabela 8 indicam que para o gênero feminino o aumento da faixa etária é acompanhado pelo aumento da R_zC, e a R_zC para o gênero masculino apresenta comportamento semelhante ao feminino, excetuando a faixa etária de 81 a 90 anos em que há redução da R_zC em comparação a faixa etária anterior. Esses dados sinalizam na mesma direção que é apresentado em Guyton, *et al.* (2006), que indica que com o envelhecimento também há diminuição da atividade metabólica e consequente declínio do débito cardíaco.

Foram realizadas as análises estatísticas comparando os grupos feminino e masculino, por faixa etária, sendo encontrados os valores do teste t e da correlação de Pearson apresentados na Tabela 9

Tabela 9 – Resultados do estudo estatístico da RzC dos gêneros por faixa etária.

Faixa Etária (anos)	Estudo estatístico	
	Teste t (valor-p)	Correlação de Pearson (ρ)
18 a 20	0,458	-
21 a 30	0,092	-0,046
31 a 40	0,709	-0,381
41 a 50	0,227	0,045
51 a 60	0,165	-0,045
61 a 70	0,071	0,299
71 a 80	0,110	-0,088
81 a 90	0,705	-

FONTE: desenvolvida pelo autor.

Com os resultados apresentados nesse estudo da RzC em relação aos gêneros feminino e masculino e faixa etária pode ser observado que os testes t não apresentam diferenças estatísticas significativas. A correlação linear apresenta associação moderada na faixa etária de 31 a 40 anos e fraca nas demais faixas etárias. Na faixa etária de 91 a 100 anos não foi realizado o estudo estatístico por somente apresentarem membros no grupo feminino.

Nas faixas etárias de 18 a 20 e 81 a 90 anos não foi realizado a correlação de Pearson por não apresentarem quantidade suficiente de amostras para a validade da correlação. Na faixa etária de 91 a 100 anos não foram realizados o teste t e a correlação de Pearson por somente haver representantes do gênero feminino, inviabilizando o estudo estatísticos entre os gêneros.

4.6 AVALIAÇÃO ENTRE A R_ZC E O LADO DA PUNÇÃO DO ACESSO VENOSO NOS MEMBROS SUPERIORES

Na Tabela 10 são indicados os resultados da estatística descritiva para o lado do membro superior em que foi realizado a punção do acesso venoso para as AngioTEP.

Tabela 10 – Resultados da R_ZC pelo membro superior da punção do acesso venoso para a população estudada.

Lado do acesso venoso	Amostras	Razão de contrastação		Teste t (valor-p)	Correlação de Pearson (ρ)
	N	Média	SD		
Direito	278	3,89	3,43	0,583	0,096
Esquerdo	220	4,09	3,54		

FONTE: desenvolvida pelo autor.

Ao analisar a Tabela 10 verificou-se que na comparação das médias de R_ZC e acessos puncionados no membro superior esquerdo, o valor de R_ZC é maior que no membro superior direito. Os estudos estatísticos não demonstram existência de diferença significativa e a correlação de Pearson apresenta associação fraca.

Na Tabela 11 foi desdobrado os dados apresentados na Tabela 10 para os gêneros feminino e masculino.

Tabela 11 – Resultados da R_ZC pelo membro superior do acesso venoso por gênero.

Lado de punção do acesso venoso por gênero	Amostras	Razão de Contratação	
	N	Média	SD
Feminino direito	169	3,97	3,76
Masculino direito	109	3,75	2,85
Feminino esquerdo	155	3,82	3,53
Masculino esquerdo	65	4,76	3,50

FONTE: desenvolvida pelo autor.

Na estatística descritiva é indicado que o acesso venoso puncionado no membro superior direito na população feminina apresenta maior R_ZC em comparação aos acessos venosos puncionados no lado esquerdo. Para a população masculina o acesso venoso puncionado no membro superior esquerdo apresenta

maior R_zC. Por não ser possível distinguir, em qual membro superior foi puncionado o acesso venoso em alguns participantes dessa pesquisa, foi tomada a decisão de retirar esses participantes desta etapa do estudo.

Na tabela 12 são apresentados os resultados dos estudos estatísticos para os acessos venosos puncionados nos membros superiores direitos e esquerdos para os gêneros feminino e masculino.

Tabela 12 – Resultados estatísticos para os gêneros feminino e masculino pelo membro superior que foi puncionado o acesso venoso.

Lado de punção do acesso venoso por gênero	Teste t (valor-p)	Correlação de Pearson (ρ)
Feminino direito e esquerdo	0,789	0,147
Masculino direito e esquerdo	0,104	-0,167

FONTE: desenvolvida pelo autor.

Os resultados obtidos pelo teste t e pela correlação de Pearson, quando são avaliados o gênero feminino e masculino, e acessos venosos puncionados nos membros superiores direito e esquerdo, não apresentam diferenças estatísticas significativas e a associação é fraca.

4.7 AVALIAÇÃO DA R_zC PELO ÁPICE E BASE PULMONAR COMO POSIÇÃO INICIAL DO EXAME

Após estudo estatístico descritivo os resultados de média e desvio padrão em relação a R_zC e a posição do início dos exames são apresentados na Tabela 13.

Tabela 13 – Dados da R_zC por posição inicial do exame para os gêneros.

Posição para o início do exame	Amostras	Razão de Contrastação	
	N	Média	SD
Ápice pulmonar feminino	59	4,79	3,01
Ápice pulmonar masculino	23	5,12	3,14
Base pulmonar feminino	271	3,66	3,72
Base pulmonar masculino	151	3,99	3,13

FONTE: desenvolvida pelo autor.

Fica evidenciado com os dados apresentados na Tabela 13 que os exames iniciados pelo ápice torácico apresentaram maiores médias de R_zC em

relação aos exames iniciados pela base do tórax para os gêneros feminino e masculino.

O teste t e a correlação de Pearson dos exames que iniciam pelo ápice pulmonar independente do gênero resultaram em (valor-p = 0,106) e ($\rho = 0,283$) e os exames iniciados pela base pulmonar apresentam (valor-p = 0,399) e ($\rho = 0,119$).

Ambas as análises indicam a não existência de diferenças estatísticas significativas e associações são fracas.

Ao se comparar os exames iniciados pelo ápice e base pulmonar para o gênero feminino pelo teste t e pela correlação de Pearson, são obtidos resultados de (valor-p = 0,021) e ($\rho = -0,036$). Ao realizar para o gênero masculino são obtidos os resultados de (valor-p = 0,265) e ($\rho = -0,467$) o que não representa diferenças estatísticas significativas e as associações são fracas e moderadas negativa. Baseado na análise estatística é percebido a indicação que a AngioTEP iniciada pela base ou pelo ápice pulmonar, não apresenta diferença significativa, mas os dados estatísticos descritivos apontados na Tabela 13, direcionam contrariamente as orientações de Bae (2009) os exames iniciados pelo ápice pulmonar apresentam maiores médias de R_zC, mas não esquecendo das que indicam que a realização de AngioTEP pela base pulmonar, sendo esse o local de maior incidência de TEP.

4.8 AVALIAÇÃO DA R_zC EM RELAÇÃO A FAIXA DE FREQUÊNCIA CARDÍACA

Na Tabela 14 é apresentado os resultados do comportamento da R_zC perante a faixa de oscilação da frequência cardíaca dos dados levantados.

Tabela 14 – Relação entre a R_zC e a frequência cardíaca da população.

Faixa de frequência cardíaca (bpm)	Amostras	Razão de contrastação	
	N	Média	SD
≤ 60	32	6,65	3,83
De 61 a 70	56	5,65	4,45
De 71 a 80	107	4,59	3,90
De 81 a 90	130	3,46	2,99
De 91 a 100	89	3,09	2,24
> 100	90	2,77	2,66

FONTE: desenvolvida pelo autor.

Ao analisar os dados da Tabela 14 observa-se que o aumento da FC reduz a R_zC, e que a maior média de R_zC se apresenta no grupo com a faixa de FC menor ou igual a 60 bpm. Ao ser comparado esse parâmetro pelo teste t e pela correlação de Pearson, com as faixas de FC acima de 60 bpm, foram encontrados os resultados apresentados na Tabela 15.

Tabela 15 – Dados da R_zC por faixa da frequência cardíaca da população.

Faixa de frequência cardíaca (bpm)	Teste t (valor-p)	Correlação de Pearson (ρ)
De 61 a 70	0,787	0,003
De 71 a 80	0,454	-0,091
De 81 a 90	0,000	-0,106
De 91 a 100	0,000	0,060
> 100	0,000	0,028

FONTE: desenvolvida pelo autor.

Sendo dessa forma que as faixas de FC de 61 a 70 e 71 a 80 bpm não apresentam diferenças estatísticas significativas na comparação das médias com FC menores ou igual a 60 bpm. As faixas de frequência cardíaca maiores que 81 bpm,

apresentam diferenças estatísticas significativas pelo teste t, as FC acima de 60 bpm apresentam associação fraca pela correlação de Pearson.

Os dados obtidos com a relação entre R_zC e a FC foram estudados por gênero e apresentados na Tabela 16.

Tabela 16 – Resultados da R_zC em relação a faixa de frequência cardíaca para os gêneros feminino e masculino.

Faixa de Frequência cardíaca (bpm)	Feminino			Masculino		
	Amostra	Razão de Contrastação		Amostra	Razão de Contrastação	
	N	Média	SD	N	Média	SD
≤ 60	19	6,87	3,88	13	6,34	3,90
De 61 a 70	38	5,61	4,99	18	5,74	3,11
De 71 a 80	72	4,62	4,15	35	4,53	3,37
De 81 a 90	81	3,29	2,98	49	3,73	3,01
De 91 a 100	60	2,83	2,33	29	3,63	1,99
> 100	60	2,71	2,54	30	2,87	2,94

FONTE: desenvolvida pelo autor.

Ao analisar os dados das Tabelas 14 e 16, pode ser constatado que para os gêneros feminino e masculino a medida que a faixa de FC aumenta, é encontrado o mesmo padrão de diminuição da R_zC. A partir dessa informação é possível evidenciar que uma FC aumentada reduz a R_zC.

Os resultados do teste t e correlação de Pearson são apresentados a seguir, onde a faixa de FC menor ou igual a 60 bpm é a que apresenta maior R_zC para ambos os gêneros e é relacionada com as outras faixas de frequência cardíaca, conforme apresenta a Tabela 17.

Tabela 17 – Resultados dos estudos estatísticos em relação a faixa de frequência cardíaca para os gêneros feminino e masculino.

Faixa de Frequência cardíaca (bpm)	Feminino ≤ 60 bpm		Masculino ≤ 60 bpm	
	Teste t (valor-p)	Correlação de Pearson (ρ)	Teste t (valor-p)	Correlação de Pearson (ρ)
De 61 a 70	0,684	0,230	0,551	0,410
De 71 a 80	0,637	0,297	0,394	0,280
De 81 a 90	0,000	0,038	0,064	0,303
De 91 a 100	0,010	0,120	0,054	0,077
> 100	0,000	0,194	0,008	0,328

FONTE: desenvolvida pelo autor.

Para as análises estatísticas para o gênero feminino, as faixas de FC de 61 a 70 e de 71 a 80 bpm, não apresentam diferença estatística significativa. As faixas de FC maiores que 81 bpm, apresentam diferença estatística significativa e todas as faixas de FC apresentam associação fraca.

As análises estatísticas para o gênero masculino, nas faixas de FC maiores que 61 bpm, não apresentam diferença estatística significativa. A faixa de FC maiores que 100 bpm, apresentam diferença estatística significativa e pela correlação de Pearson as faixas de FC de 71 a 80 e 91 a 100 apresentam associações fracas. As demais faixas de FC apresentaram associações moderadas.

Nos cálculos do teste t e da correlação de Pearson para a comparação das faixas de FC em relação a médias de RzC, entre os gêneros feminino e masculino foram obtidos os resultados apresentados na Tabela 18.

Tabela 18 – Dados dos estudos estatísticos da RzC por faixa da frequência cardíaca entre os gêneros feminino e masculino.

Faixa de frequência cardíaca (bpm)	Teste t (valor-p)	Correlação de Pearson (ρ)
≤ 60	0,573	-0,533
De 61 a 70	0,857	-0,261
De 71 a 80	0,257	0,168
De 81 a 90	0,093	-0,055
De 91 a 100	0,131	-0,090
> 100	0,937	0,045

FONTE: desenvolvida pelo autor.

Com os resultados do teste t e da correlação de Pearson para as faixas de FC entre os gêneros feminino e masculino, pode ser identificado que as diferenças estatísticas entre os grupos não são significativas e que a correlação de Pearson para a faixa de FC menor ou igual a 60 bpm apresenta associação moderada, as correlações de Pearson das outras faixas de FC apresentam associação fraca, indicando que as diferenças apresentadas pelo teste t entre as faixas de FC não são estatisticamente relevantes.

5 CONCLUSÕES

Foram analisados fatores que influenciam no nível de contrastação da região de interesse nos exames de AngioTEP, como, lateralidade do acesso venoso, comprimento e tempo de varredura, fluxo de injeção de contraste, a influência da frequência cardíaca, o gênero e a faixa etária dos participantes da pesquisa.

A separação da população por gênero se fez necessário pela diferenciação na fisiologia e na constituição física apresentadas pelos gêneros feminino e masculino, sendo identificado que o gênero feminino apresenta risco aumentado na ocorrência tromboembolias pulmonares.

Quando são analisados os resultados, verifica-se que com o aumento da faixa etária a R_zC também aumenta. Na faixa etária de 21 a 30 anos, que para o gênero feminino, apresenta um certo valor e na faixa etária seguinte apresenta uma queda e posteriormente retoma-se o crescimento. No gênero masculino a faixa etária de 21 a 30 anos apresentou uma queda no valor da R_zC em comparação a faixa etária anterior e nas faixas etárias seguintes retoma-se o crescimento.

Existem estudos que orientam a punção de acesso venoso no membro superior direito com a finalidade de evitar artefatos causados pelo contraste não diluído. Nessa pesquisa avaliou-se as diferenças na R_zC para acessos puncionados no membro superior direito em relação ao acesso puncionado no membro superior esquerdo. Constatou-se que os acessos venosos puncionados nos membros superiores esquerdo apresentam uma maior R_zC em comparação aos acessos puncionados no lado direito, mas as análises estatísticas não apresentam resultados que sinalizassem a preferência de um lado em detrimento ao outro.

A AngioTEP iniciada pelo ápice ou base pulmonar apresentam diferenças na R_zC. Na Tabela 13 fica evidenciado que os exames iniciados pelo ápice pulmonar apresentam maiores R_zC. A justificativa de se iniciar uma AngioTEP pela base pulmonar é dada pelo fato de a base pulmonar apresentar maior incidência de trombos e também na dificuldade dos pacientes submetidos a esse exame de manter apneia durante todo o tempo do exame causando artefatos de movimentos.

O comportamento da R_zC em relação a faixa de frequência cardíaca sinaliza que com o aumento da FC a R_zC diminui, indicando que uma FC aumentada pode comprometer a qualidade do exame. FC superiores a 81 bpm apresentam diferenças significativas pelo o estudo estatístico, fazendo da FC um parâmetro que deve ser observado na realização das AngioTEP, influenciando diretamente na contrastação da região de interesse.

A análise do comprimento da área de varredura entre os gêneros identificou diferença estatística significativa, sinalizando que uma diferença de 24,07 mm no comprimento da área de varredura apresentou um acréscimo de 0,49 s no tempo de varredura, sendo esses dois fatores importantes na realização das AngioTEP. Pela comparação do comprimento da área de varredura e tempo de varredura entre os tomógrafos Aquilion® 64 e Asteion® super 4, constatou-se que o tomógrafo Asteion não possui as qualidades técnicas necessárias para a realização da AngioTEP. Indicado pelos estudos referenciados nesse trabalho, que o tempo de varredura de uma AngioTEP não exceda 10 s, e que o tempo médio de varredura da AngioTEP apresentado pelo tomógrafo Asteion®, não é o recomendado para a realização de AngioTEP.

Os níveis de contrastação média e a R_zC para os protocolos de injeção de contraste (Tabela 5), apontaram para a escolha de um protocolo como padrão na realização de AngioTEP. Na sequência avaliou-se a R_zC dos protocolos de injeção de contraste para os gêneros feminino e masculino, indicando que para o gênero feminino o protocolo de injeção de contraste que apresenta maior R_zC é o de $4,5 \text{ ml.s}^{-1}$ para 80 HU, e para o gênero masculino foi o de $5,0 \text{ ml.s}^{-1}$ para 80 HU, sinalizando uma possível individualização do protocolo de injeção de contraste para os gêneros feminino e masculino. Os estudos estatísticos de comparação entre os gêneros não apresentaram diferenças estatísticas significativas e associação pela correlação de Pearson é fraca entre os protocolos.

O conjunto de dados apresentados nesse estudo além de identificar quais as melhores técnicas devem ser praticadas na realização de uma AngioTEP, indicam também as técnicas que devem ser abolidas por não apresentarem níveis de contrastação satisfatórios para o diagnóstico. Cumprindo o papel a que este

estudo se propôs de evidenciar a melhor técnica, mas também salientar as técnicas que comprovadamente não favorecem a elucidação diagnóstica e também que não haja repetição de exames radiológicos.

Este estudo pode contribuir para atualização da legislação vigente no Brasil concernente à utilização da radiação ionizante como método diagnóstico principalmente em relação aos princípios básicos do sistema de proteção radiológica, conscientizando todos os solicitantes de exames de imagem da grande importância de indicações clínicas apropriadas a cada solicitação, observando assim, a aplicação dos princípios básicos da proteção radiológica, o princípio da justificação da prática e das exposições médicas individuais e o princípio da otimização da proteção radiológica e a limitação de doses individuais.

Houve dificuldades na fase de levantamentos de informações tanto no livro de registros da tomografia, como nos prontuários médicos, a falta de todos os Termos de Consentimento Informado Livre e Esclarecido nos prontuários médicos dos participantes da pesquisa dificultou a coleta desses dados como, calibre do acesso venoso utilizado para a realização dos exames, sítio do acesso venoso e injetora de contraste utilizada, inviabilizando parte das análises pretendidas nesse estudo.

Dados como o HU de utilização no disparo automático, a presença ou ausência de comandos respiratórios, a posição inicial do exame, direção de varredura, tempo de varredura e o tempo de rotação do tubo de raios X, são dados que seriam adquiridos na base de dados dos exames realizados, chamado de “metadados”, após a consulta verificou-se que essas informações não estão disponíveis nos metadados. Foi realizado contatos telefônicos e por e-mail com o Serviço de atendimento ao Cliente da CANNON Medical obteve-se a informação que tais dados não estava disponível no metadados, mas que indiretamente seria possível conseguir alguns deles como, tempo e comprimento de varredura, posição inicial do exame e direção do exame. E que os dados do HU de utilização para o disparo automático, ausência ou presença de comandos respiratórios e o tempo de rotação do tubo não estariam disponíveis para consultas posteriores a realização do exame o que impossibilitou os estudos desses dados.

Como considerações finais fica informado que foram raras as solicitações de exames que apresentaram o resultado do exame dímero-D ou alguma pontuação ou classificação baseada nos questionários de decisão clínica específico para TEP, sendo quase sempre a justificativa da solicitação dos exames baseadas em sintomas. Estudos apontam que o embasamento de solicitação de exames pela sintomatologia dos pacientes reduz a sensibilidade, especificidade e valores preditivos dos exames, justamente pelo conjunto de sintomas inespecíficos da tromboembolia pulmonar (NGC, 2016, ACR, 2017).

A adoção de metodologias já validadas como a utilização dos questionários clínicos de *Wells* ou *Geneva*, dos protocolos, das diretrizes e algoritmos para o diagnóstico para TEP, contribui para a melhora da sensibilidade e especificidade e valores preditivos, metodologias essas amplamente utilizadas em instituições de saúde e com validação internacional.

A implementação de um protocolo de investigação para TEP que melhor se adeque à realidade do hospital se faz necessário, e que se destaque a necessidade da inclusão dos resultados dos dímero-D e a classificação de risco conforme avaliação dos questionários clínicos específicos quando realizados nas solicitações de exame, para facilitar a avaliação desta requisição de exames pelo radiologista.

5.1 PERSPECTIVAS FUTURAS

Buscar conhecer o desempenho individualizado na administração de contraste pelas injetoras e verificar se uma injetora sobressai a outra no quesito nível de contrastação da região de interesse.

Avaliar os níveis de contrastação e RzC no uso de contrastes de diferentes fabricantes após a implementação de apontamentos específicos dos contrastes usados em cada exame.

Padronização de protocolos e procedimentos com embasamento nos resultados apresentados nesse estudo, para a realização de AngioTEP no hospital e

em outras instituições de saúde que apresentem dificuldades na realização das AngioTEP.

Que a adoção de um protocolo padronizado aumente a qualidade diagnóstica das AngioTEP, diminuindo a quantidade de exames precoces e tardios e consequentemente reduzindo as doses de radiação por repetição de exames.

REFERÊNCIAS

ACR MANUAL ON CONTRAST MEDIA - ACR Committee on Drugs-and Contrast Media 2016. Disponível em: <https://www.acr.org/QualitySafety/Resources/Contrast-Manual>. Acesso em: 16 mar. 2017.

AMERICAN COLLEGE OF RADIOLOGY *et al.* ACR–NASCI–SIR–SPR practice parameter for the performance and interpretation of body computed tomography angiography (CTA). 2017. Disponível em: <https://www.acr.org/-/media/acr/files/practice-parameters/body-cta.pdf>. Acesso em: 17 maio 2018.

ATALLAH, Álvaro Nagib; CASTRO, Aldemar Araujo. Fundamentos da pesquisa clínica, São Paulo, Lemos-Editorial, 1998. ISBN 85-855651-95-5

BAE, Kyongtae T. Intravenous contrast medium administration and scan timing at CT: considerations and approaches 1. **Radiology**, v. 256, n. 1, 2010. Disponível em: <https://doi.org/10.1148/radiol.10090908>. Acesso em: 16 mar. 2017.

BAYER S/A. Stellant. Disponível em: <https://ri.bayer.com.br/areas-de-atuacao/tomografia-computadorizada/equipamento/>. 2004. Acesso em: 20 abr. 2019.

BAYER S/A. Vistron CT. Disponível em: <http://www.raiomedic.com.br/equipamentos-injetoras/vistron-ct.html>. 2001. Acesso em: 20 abr. 2019.

BRASIL, Ministério da Saúde. ANVISA Portaria nº 453, de 01 de junho de 1998. Diretrizes de proteção radiológica em radiodiagnóstico médico e odontológico. Ministério da Saúde, Agência Nacional de Vigilância Sanitária. Brasília, DF: Diário Oficial da União; 02.06.1998.

BRASIL, Ministério da Saúde. ANVISA. Portaria GM/MS nº 1101, de 12 de junho de 2002. Estabelece os parâmetros de cobertura assistencial no âmbito do Sistema Único de Saúde – SUS. Diário Oficial da União, 2002.

BRASIL, Ministério da Saúde. ANVISA. Resolução RE n.1016 aprova o regulamento técnico Radiodiagnóstico médico – segurança e desempenho de equipamentos. Ministério da Saúde, Agência Nacional de Vigilância Sanitária. Brasília: Ministério da Saúde, 104p, 2006.

CALLEGARI-JACQUES, Sidia M. **Bioestatística: princípios e aplicações**. Porto Alegre, Artmed, 2003.

CANON Medical. Disponível em: <https://us.medical.canon/products/computed-tomography/aquilion-assurance-program/aquilion-64/>. Acesso em 10 mar. 2019.

CARAMELLI, Bruno *et al.* Diretriz de embolia pulmonar. **Arquivos Brasileiros de Cardiologia**, v. 83, p. 1-8, 2004. Disponível em: <http://dx.doi.org/10.1590/S0066-782X2004002000001>. Acesso em: 15 fev. 2017.

DANCE, D. R. *et al.* Diagnostic radiology physics: A handbook for teachers and students. Endorsed by: American Association of Physicists in Medicine, Asia-Oceania Federation of Organizations for Medical Physics, European Federation of Organisations for Medical Physics. 2014.

DARZE, Eduardo Sahade *et al.* Mortalidade por embolia pulmonar no Brasil entre 1989 e 2010: disparidades regionais e por gênero. **Arq Bras Cardiol [revista eletrônica]**, p. 4-12, 2016. DOI 10.5935/abc.20160001. Disponível em: http://www.scielo.br/pdf/abc/2015nahead/pt_0066-782X-abc-20160001.pdf. Acesso em: 10 set. 2018.

DEN EXTER, Paul L.; KLOK, Frederikus A.; HUISMAN, Menno V. Diagnosis of pulmonary embolism: Advances and pitfalls. **Best Practice & Research Clinical Haematology**, v. 25, n. 3, p. 295-302, 2012. Disponível em: <http://dx.doi.org/10.1016/j.beha.2012.06.002>. Acesso em: 03 mar. 2017.

GOLIN, V., Sprovieri, S. R. S., Bedrikow, R., & Salles, M. J. C. (2002). Pulmonary thromboembolism: retrospective study of necropsies performed over 24 years in a university hospital in Brazil. **Sao Paulo Medical Journal**, 120(4105-108.) 2002. DOI 10.1590/S1516-31802002000400003. Disponível em: http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1516-31802002000400003&lng=en&tlng=en. Acesso em: 15 fev. 2017

GUYTON, Arthur Clifton; HALL, John E.; GUYTON, Arthur C. **Tratado de fisiologia médica**. Rio de Janeiro, Elsevier Brasil, 2006.

HALPERN, Ethan J. Triple-rule-out CT angiography for evaluation of acute chest pain and possible acute coronary syndrome. **Radiology**, v. 252, n. 2, p. 332-345, 2009. Disponível em: <https://pubs.rsna.org/doi/10.1148/radiol.2522082335>. Acesso em: 17 maio 2017.

HERTS, Brian R. *et al.* Power injection of contrast media using central venous catheters: feasibility, safety, and efficacy. **American Journal of Roentgenology**, v. 176, n. 2, p. 447-453, 2001. DOI 10.2214/ajr.176.2.1760447. Disponível em: <https://www.ajronline.org/doi/full/10.2214/ajr.176.2.1760447>. Acesso em: 01 mar. 2017.

HOFER, Matthias. Tomografia Computadorizada - Manual prático de ensino. Rio de Janeiro, Ed. Revinter, 2005. ISBN 85-7309-855-4

HOROS. Versão 2Kv2.0.2. Disponível em: <https://horosproject.org/download>. Acesso em 15 mar. 2017.

HSIEH, Jiang *et al.* Computed tomography: principles, design, artifacts, and recent advances, Bellingham, WA: SPIE, 2009.

HULLEY, Stephen B. *et al.* **Delineando a pesquisa clínica: uma abordagem epidemiológica.** Porto Alegre, Artmed, 2008.

IOPAMIROM®: iopamidol. Bracco Imaging do Brasil Importação e Distribuição de Medicamentos Ltda. Farm. Resp.: Fabiana de Almeida Arouche - CRF-RJ nº 14.936. Bula de remédio. Disponível em:
http://www.anvisa.gov.br/datavisa/fila_bula/frmVisualizarBula.asp?pNuTransacao=12821742016&pIdAnexo=3118627. Acesso em 10 mar. 2017.

KONSTANTINIDES, Stavros *et al.* 2014 ESC guidelines on the diagnosis and management of acute pulmonary embolism. **European heart journal**, p. ehu283, 2014. DOI 10.1093/eurheartj/ehu283. Disponível em:
<https://academic.oup.com/eurheartj/article/35/43/3033/503581>. Acesso em: 21 abr. 2017.

MINISTÉRIO DA SAÚDE, Portal do Ministério da Saúde. Disponível em:
http://tabnet.datasus.gov.br/cgi/cnes/tipo_estabelecimento.htm. Acesso em 15 maio 2019.

MOURÃO, Arnaldo Prata. **Tomografia computadorizada: tecnologias e aplicações.** São Caetano do Sul, SP: Difusão, 2015. 295 p.

NGC - National Guideline Clearinghouse. Guideline summary: ACR Appropriateness Criteria® acute chest pain — suspected pulmonary embolism. In: National Guideline Clearinghouse (NGC) [Web site]. Rockville (MD): Agency for Healthcare Research and Quality (AHRQ); 2016. DOI: 10.1097/RTI.0b013e31823efeb6. Disponível em:
<https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/22343403>. Acesso em: 06 abr. 2017.

NÓBREGA, Almir Inácio da. Manual de Tomografia Computadorizada. São Paulo, **Atheneu**, 2005.

OMNIPAQUE®. Ioxel. GE Healthcare do Brasil Comércio e Serviços para Equipamentos Médico-hospitalares LTDA. Farm. Resp.: Livia Bethiol Ruffini – CRF/SP nº 56.711 Disponível em:
http://www.anvisa.gov.br/datavisa/fila_bula/frmVisualizarBula.asp?pNuTransacao=7310462015&pIdAnexo=2805167 .Acesso em 10 mar. 2017.

ON CARDIAC, Expert Panels *et al.* ACR Appropriateness Criteria® Acute Chest Pain—Suspected Pulmonary Embolism. **Journal of the American College of Radiology**, v. 14, n. 5, p. S2-S12, 2017. DOI 10.1016/j.jacr.2017.02.027. Disponível em: [https://www.jacr.org/article/S1546-1440\(17\)30207-7/fulltext](https://www.jacr.org/article/S1546-1440(17)30207-7/fulltext). Acesso em: 21 maio 2017.

PAGANO, Marcello; GAUVREAU, Kimberlee. Princípios de bioestatística. In: **Princípios de bioestatística.** São Paulo, Ed, **Cengage Learning**, 2004.

PROKOP, Mathias *et al.* **Spiral and multislice computed tomography of the body**. Stuttgart: Thieme, 2003.

SANTOS, Edvaldo Severo dos; NACIF, Marcelo Souto (Coord). **Manual de técnicas em tomografia computadorizada**. Rio de Janeiro: Rubio, 2009. 259 p. ISBN 978857771005 8.

SCHOEPPF, U. Joseph; GOLDBERGER, Samuel Z.; COSTELLO, Philip. Spiral computed tomography for acute pulmonary embolism. **Circulation**, v. 109, n. 18, p. 2160-2167, 2004. DOI 10.1161/01.CIR.0000128813.04325.08. Disponível em: <https://www.ahajournals.org/doi/full/10.1161/01.CIR.0000128813.04325.08>. Acesso em: 02 abr. 2017.

SILVA, C. I.; MULLER, N. Tórax: Série Colégio Brasileiro de Radiologia e diagnóstico por imagem. **Silva CI, D'Ippolito G, Rocha AJ, editores**, v. 1, Rio de Janeiro, 2010.

SILVA, I. S. C.; MULLER, Nestor L. Diagnóstico por imagem do tromboembolismo pulmonar agudo. **J Bras Pneumol**, v. 30, n. 5, p. 474-9, 2004. DOI 10.1590/S1806-37132004000500012. Disponível em: <http://www.scielo.br/pdf/jbpneu/v30n5/v30n5a12> Acesso em: 16 mar. 2017.

SOARES, José Francisco; SIQUEIRA, Arminda Lucia. Introdução à estatística médica. In: **Introdução à estatística médica**. Ed. Coopmed. 2002.

STEIN, Paul D. *et al.* Multidetector computed tomography for acute pulmonary embolism. **New England Journal of Medicine**, v. 354, n. 22, p. 2317-2327, 2006. DOI 10.1056/NEJMoa052367. Disponível em: <https://www.nejm.org/doi/full/10.1056/NEJMoa052367>. Acesso em: 04 mar. 2017.

VOLPE, Gustavo Jardim *et al.* Tromboembolismo pulmonar. **Medicina (Ribeirão Preto. Online)**, v. 43, n. 3, p. 258-271, 2010. DOI 10.11606/issn.2176-7262.v43i3p258-271. Disponível em: <https://www.revistas.usp.br/rmrp/article/view/183>. Acesso em: 06 Out. 2016.

WITTRAM, Conrad. How I do it: CT pulmonary angiography. **American Journal of Roentgenology**, v. 188, n. 5, p. 1255-1261, 2007. DOI 10.2214/AJR.06.1104. Disponível em: <https://www.ajronline.org/doi/full/10.2214/AJR.06.1104>. Acesso em: 02 mar. 2017.

ANEXO A – Autorização do comitê de ética em pesquisa da UFMG



UNIVERSIDADE FEDERAL DE MINAS GERAIS
COMITÊ DE ÉTICA EM PESQUISA - COEP

Projeto: CAAE – 86446218.4.1001.5149

**Interessado(a): Profa. Maria Auxiliadora Fortini Veloso
Depto. Engenharia Nuclear
Escola de Engenharia- UFMG**

DECISÃO

O Comitê de Ética em Pesquisa da UFMG – COEP aprovou, no dia 18 de abril de 2018, o projeto de pesquisa intitulado “**Estudo das Angiotomografias**” .

O relatório final ou parcial deverá ser encaminhado ao COEP um ano após o início do projeto através da Plataforma Brasil.

A handwritten signature in blue ink, reading "Vivian Resende".

Prof. Dra. Vivian Resende

Coordenadora do COEP-UFMG

ANEXO B – Termo de consentimento informado livre e esclarecido

Unidade Funcional Apoio Diagnóstico por Imagem

Termo de consentimento informado livre e esclarecido - nº _____

Nome do paciente: _____ Registro: _____

Procedimento: _____ Peso: _____ Data nascimento: _____

O exame radiológico solicitado por seu médico foi considerado essencial para a avaliação do seu estado de saúde. Em algum momento do exame, antes ou durante, para obter mais informações sobre seu organismo, o médico responsável pelo exame pode decidir usar meio de contraste, um composto químico a base de iodo. Esta administração pode ser através de injeção na veia e/ou, eventualmente e dependendo da indicação do seu exame, por via oral e/ou endo-retal.

Embora não sejam comuns, podem acontecer reações alérgicas. Geralmente são reações leves, mas, muito raramente, reações graves e até mesmo fatais podem ocorrer.

A UF Apoio e Diagnóstico por Imagem do Hospital das Clínicas da UFMG está pronta para atender qualquer tipo de reação que porventura ocorra, da simples à mais complexa. Nosso pessoal está treinado para esse atendimento. Temos equipamentos apropriados para essas situações.

Tendo como objetivo minimizar a eventualidade de reações, o médico que está fazendo o seu exame precisa saber se o(a) senhor(a):

RESPONDER COM ATENÇÃO

Já foi submetido a algum exame de tomografia ou raios-X (urografia excretora, cateterismo cardíaco, arteriografia ou flebografia) em que foi utilizado meio de contraste na veia ? sim não

Houve algum tipo de reação ? sim não
O que aconteceu? _____

Tem algum tipo de alergia a poeira, medicamentos ou alimento (peixe, camarão ou carne de porco) ? sim não
Qual ? _____

Tem asma, bronquite ou rinite alérgica ? _____ Caso positivo, especifique: _____

Sofre diabetes ? sim não
Qual o medicamento você usa para o controle de diabetes ? _____ Foi suspenso ? _____

Faz controle / tratamento para pressão alta ? sim não

É portador de doenças renais ? _____ Caso positivo, especifique: _____

É portador ou faz tratamento para hipertireoidismo ? sim não

É portador ou faz tratamento para mieloma múltiplo ? sim não

É portador ou faz tratamento para miastenia gravis ? sim não

Toma algum medicamento rotineiramente ? _____ Especifique: _____

Está grávida ou existe alguma possibilidade/chance de estar ? sim não

Ao terminar o exame, você poderá ser mantido em observação por 30 minutos. Após isso, retornará às suas atividades diárias normais.

CONSENTIMENTO

Eu, _____, portador(a) da Carteira de Identidade nº _____ autorizo a equipe da UF Apoio e Diagnóstico por Imagem do Hospital das Clínicas da UFMG a realizar o exame de _____

Estou ciente de que poderá ser utilizado meio de contraste e que este pode causar reações adversas, notadamente alérgicas. Na hipótese de isso ocorrer, autorizo a equipe da UF Apoio e Diagnóstico por Imagem a realizar os procedimentos necessários para o tratamento de tais reações adversas.

Assinatura do paciente

Assinatura do Médico Residente

Assinatura do profissional de Enfermagem

Assinatura do Médico Preceptor

Meio de contraste _____ Volume _____ Oximetria _____ (inicial) _____ (final)

ANEXO C – Certificado e artigo apresentado em congresso

CERTIFICADO



WARLEY FERREIRA FELIX

participou do V Congresso Brasileiro de Metrologia das Radiações Ionizante que aconteceu no período de 26 a 28 de novembro de 2018, no Instituto de Radioproteção e Dosimetria (IRD), Rio de Janeiro, RJ, na qualidade de Apresentador(a) do trabalho: INFLUÊNCIA DO FLUXO DE INJEÇÃO DE CONTRASTE NO EXAME DE TC PARA O DIAGNÓSTICO DE EMBOLISMO PULMONAR, de autoria de: WARLEY FERREIRA FELIX; MARIA AUXILIADORA FORTINI VELOSO; MARCOS EUGÊNIO SILVA ABRANTES.


José Guilherme Pereira Peixoto
Presidente do CBMRI

Realização:



Apoio:





Influência do fluxo de injeção de contraste no exame de TC para o diagnóstico de embolismo pulmonar

W F Felix^{1,2}, M A F Veloso², M E S Abrantes³

¹Unidade Funcional Apoio Diagnóstico e Terapêutica por Imagem – UFADTI
Hospital das Clínicas – UFMG - Av. Professor Alfredo Balena, 110.
CEP 30130-100, Belo Horizonte - MG, Brasil
warleyferreirafelix@gmail.com

²Universidade Federal de Minas Gerais (UFMG)
Departamento de Engenharia Nuclear - DEN
Av. Antônio Carlos, 6627 Campus UFMG
CEP: 31.270-901 - Pampulha – Belo Horizonte – MG

³Faculdade Ciências Médicas de Minas Gerais (FCMMG)
Pós-Graduação em Higiene Ocupacional/Pós-Graduação em Radioproteção
Alameda Ezequiel Dias, 275. 2º andar
CEP: 30130-110 - Centro - Belo Horizonte – MG

Resumo: A angiotomografia para tromboembolismo pulmonar é um exame de realização complexa, onde fatores como, tempo, fluxo, acesso venoso, local de punção, entre outros, interferem no desfecho do exame. Analisando a influência da variação do fluxo de injeção de contraste venoso na contrastação da região de interesse, foram encontrados os resultados de: injeção manual (194,9±141,2); 3,0 ml/s, 90 UH (216,6±113,3); 3,5ml/s, 90 UH (286,5±106,6); 4,0ml/s, 90 UH (300,2±58,8); 4,0ml/s, 80 UH (328,3±110,3); 4,5ml/s, 80 UH (377,0±114,6); 5,0ml/s, 80 UH (348,9±136,8). A técnica com melhor resultado foi aquela que utilizou fluxo de 4,5 ml/s e disparo automático em 80 UH.

Palavras-chave: Angiotomografia; TEP; fluxo; nível de contrastação

Influence of the flux of contrast injection in the exam of the TC for the diagnosis of pulmonary embolism

Abstract: The angiotomography for pulmonary thromboembolism is an examination of complex realization, where factors such as, time, flow, venous access, puncture site, among others, interfere in the outcome of the examination. Analyzing the influence of the variation of the venous contrast injection flux in contrast of the region of interest, the results were found: manual injection (194.9±141.2); 3.0 ml/s, 90 HU (216.6±113.3); 3.5ml/S, 90 HU (286.5±106.6); 4.0 ml/s, 90 HU (300.2±58.8); 4.0 ml/s, 80 HU (328.3±110.3); 4.5ml/S, 80 HU (377.0±114.6); 5.0ml/s, 80 HU (348.9±136.8). Observing that the technique with best result was used a 4.5 ml/s flow and automatic trigger at 80 HU.

Keywords: Angiotomography; TEP; flux; contrast level



1. INTRODUÇÃO

Com os avanços adquiridos em resolução de imagens e tempo de escaneamento pelos Tomógrafos Computadorizados (TC) na atualidade, muitos exames de diagnósticos por imagem que eram considerados padrão ouro, estão sendo substituídos por exames tomográficos, sejam pelo custo, pela acessibilidade ou por serem menos invasivos em relação aos outros métodos (NÓBREGA, 2005; KONSTANTINIDES, 2014).

A Angiotomografia para o diagnóstico do tromboembolismo pulmonar (TEP), vem substituindo na maioria dos casos, a angiografia dos vasos pulmonares e a cintilografia pulmonar de ventilação e perfusão, principalmente por ser menos invasiva e de menor custo além de apresentar capacidade diagnóstica semelhante aos outros métodos (STEIN, 2006; SILVA, 2004).

No Brasil e em outros países da América Latina existe uma considerável ausência de dados epidemiológicos relativos as tromboembolias venosas. De acordo com Darze (2016), entre os anos de 1989 e 2010, foram relatadas aproximadamente 93.000 mortes causadas por tromboembolias. Conhecendo a realidade brasileira, o estudo salienta que fatores como a desigualdade no acesso aos cuidados de saúde, a qualidade dos serviços prestados em cuidados de saúde e as dificuldades de um diagnóstico clínico para TEP que contribuem para uma possível subestimação das taxas de mortalidade por TEP, teoria reforçada pelas baixas taxas de mortalidade por TEP no Brasil em comparação aos Estados Unidos e a Europa (DARZE, 2016).

Há uma estimativa de que nos Estados Unidos, ocorram anualmente mais de 290.000 casos de TEP fatais e 230.000 casos não fatais. Existem casos não diagnosticados em consequência dos sintomas inespecíficos, como dor no peito, falta de ar, taquicardia entre outros, que se confundem com outros agravos pulmonares e cardíacos (NGC, 2016; ON CARDIAC, 2017).

Ao procurar serviços de pronto atendimento, os pacientes com suspeita de TEP, devem ser submetidos a uma investigação clínica, com aplicação de questionários de decisão clínica que estratifica o risco específico para TEP e realização de testes laboratoriais. Com a associação dos resultados da avaliação clínica, dos questionários e dos exames laboratoriais, toma-se a decisão da necessidade de testes complementares para estabelecer o diagnóstico (VOLPE, 2010).

A falta de padronização e critérios de otimização em exposições médicas, de acordo com Brasil (1998), pode gerar discrepâncias nos resultados dos exames, pois onde não há critérios básicos ou padronização como a realização do exame sem a utilização da injetora de contraste, com acessos venosos com calibre menor que o recomendado e menor fluxo de injeção, local de punção de acesso diferente do recomendado entre outros traz dificuldades em se realizar um diagnóstico preciso.

A busca de otimização dos exames em que o nível de contrastação da estrutura de interesse está precoce ou tardia em relação ao ponto ideal, fornece informações com embasamento técnico-científico para que sejam ajustados os procedimentos e protocolos para realização das angioTEP de forma padronizada. Diminuindo a repetição dos exames e conseqüentemente reduzindo as doses de radiação fornecidas ao paciente (BRASIL, 1998).

Diante desse panorama, esse trabalho foi elaborado a fim de avaliar as técnicas de realização das angioTEP em um hospital público em Belo Horizonte – MG, levantando e caracterizando os dados que compõem a realização das angioTEP de parâmetros metrológicos para indicar qual é a técnica que



apresenta melhor contrastação das estruturas a ser investigada e visualizando, de forma clara, tais estruturas de modo que a investigação não seja inconclusiva.

2. MATERIAIS E MÉTODOS

Neste contexto, foram analisadas as diferentes técnicas de realização de exames AngioTEP em um hospital público em Belo Horizonte para determinar o melhor método a ser seguido, com a finalidade de reduzir o número de exames com diagnósticos indeterminados pela baixa contrastação das estruturas de interesse. Este estudo foi aprovado tanto pelo Comitê de Ética em Pesquisa/UFMG quanto pela Gerência de Ensino e Pesquisa do hospital.

2.1 O exame para angioTEP

O exame para angioTEP é um escaneamento, do tórax do paciente por meio de um tomógrafo computadorizado, simultaneamente à injeção automatizada de fármaco iodado com a finalidade de contrastar a artéria pulmonar e seus ramos, evidenciando ou não a presença de trombos que obstruem a circulação sanguínea no pulmão.

Para a realização dos exames de angioTEP foi utilizado um tomógrafo Toshiba® de 64 canais que começou a operar em 2010 e duas injetoras de contraste do fabricante Medrad® mas com as mesmas características de execução de protocolo de injeção de contraste.

2.2 Características técnicas do exame para angioTEP e seus parâmetros que constituem a pesquisa

Os parâmetros levantados e pré-fixados dos protocolos de rotina da Instituição para exames de angioTEP são:

- A execução do exame no sentido caudo-cranial abrangendo toda área pulmonar;
- Disparo automático (surestart¹) – programação para início da angioTEP quando a densidade da região de interesse atingir 80 Unidade de Hounsfield (UH);
- Tensão de pico 120 kV fixa;
- Intensidade modulada da corrente elétrica;
- A rotação de 360° do tubo de Raios-X em volta da mesa de exame é de 0,5 segundo;
- A relação entre deslocamento da mesa, rotação do Tubo de raios-X e espessura de corte (spiral pitch) é de 0,828;
- Sem comando para apneia dos pacientes.

¹ Ferramenta de leitura de densidade de TC em UH (Toshiba®) e responsável pelo início automático do exame ao atingir a leitura de densidade programada (HOFER, 2005).



2.3 Formas de realização do exame para angioTEP

O protocolo de angioTEP foi inicialmente configurado com disparo automático de 90 UH, e as recomendações do fabricante da injetora são para a utilização de um acesso venoso por dispositivo de cânula plástica de no mínimo de 18 *gauges* de calibre (BAE 2010) e fluxo de injeção de contraste venoso de 3,5 ml/s. Com a realização dos exames na configuração inicial foi observado que os exames apresentavam baixa contrastação na região de interesse, sendo realizadas tentativas de modificação do protocolo, principalmente, em relação ao fluxo de injeção de contraste e ao disparo automático, para tentar melhorar do nível de contrastação das estruturas de interesse. Estas tentativas não surtiram os efeitos esperados, daí então os radiologistas e os residentes em radiologia fizeram uma revisão bibliográfica sobre angiotomografias e AngioTEP, sendo realizadas alterações nos valores de fluxo de injeção e início automático do exame. Chegando a configuração atual do protocolo com início automático do exame em 80 UH e fluxo não menor que 4,0 ml/s.

2.4 Programa de análise de imagens

O programa computacional Horos foi utilizado para analisar as imagens tomográficas. O Horos é um programa computacional de código aberto, e suas principais finalidades são a visualização de imagens médicas, renderização em 3D, reconstruções multiplanares e curvas. Uma de suas principais restrições é a falta de licenciamento pela Food and Drug Administration (FDA) para utilização em diagnósticos médicos, contudo ele é largamente utilizado no meio médico como auxílio em diagnóstico. O programa é licenciado pela GNU Lesser General Public License, que é aprovada pela Free Software Foundation (HOROS PROJECT, 2015).

2.5 Análise de imagens

As análises das imagens foram realizadas selecionando a imagem que melhor visualiza o tronco e a bifurcação da artéria pulmonar e utilizando uma ferramenta de leitura de densidade em TC um ROI (região de interesse) de forma elíptica com área de 1,00 cm², sendo este ROI posicionado próxima a bifurcação da artéria pulmonar para estabelecer o nível de contrastação dessa região afim de medir a densidade (em UH) da área contrastada.

2.6 O contraste e o Nível de contrastação

O departamento de tomografia utiliza o contraste iodado não iônico em frascos de 50 ml com uma concentração em iodo de 300 mg/ml.

De acordo com Halpern (2009) o nível de contrastação da região de interesse para angioTEP deve estar entre 300 a 350 UH para que o radiologista responsável pelo laudo possa confirmar ou refutar a presença de TEP. Outra recomendação é a utilização de contraste com concentração de iodo de 350 mg/ml ou superior (ACR, 2017).



3. RESULTADOS E DISCUSSÕES

No princípio da operação do tomógrafo ainda houve uma demora na realização dos exames de angiotomografia, tanto pela inexperiência dos médicos radiologistas e residentes, quanto pela falta de prática dos técnicos e tecnólogos em radiologia, na realização destes exames.

Desde o início da realização das angiotomografias para o diagnóstico de TEP, aos dias atuais esses exames não são realizados de forma padronizada. As modificações na forma de execução se dão conforme a experiência do técnico que estiver realizando o exame, ou obedecendo a orientação do médico radiologista responsável.

As variações de realização nas técnicas dos exames acontecem basicamente por três motivos:

- A adaptação do protocolo do tomógrafo modificando o valor de UH do disparo automático com o propósito de melhoria da qualidade do exame ou aumentando o fluxo de injeção;
- Diminuição do fluxo da injeção quando o calibre do acesso for menor que o recomendado.
- A realização do exame de forma manual por desabastecimento do kit de seringa para a injetora de contraste.

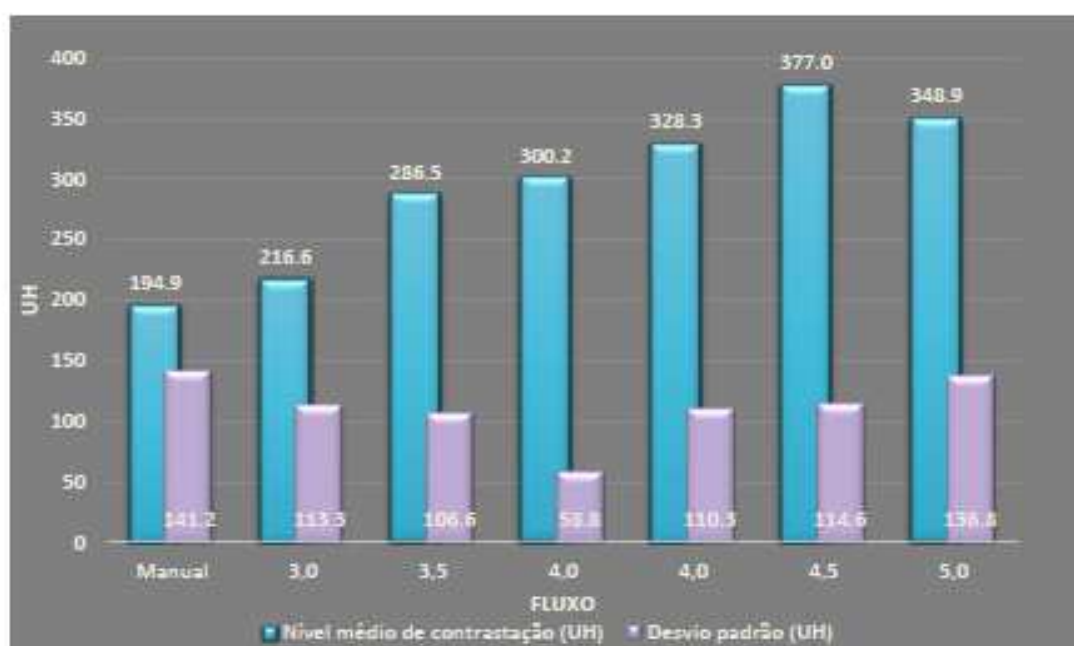
Essa variação na técnica de realização produz também uma variedade de resultados de contrastação média na região de interesse como demonstrado na tabela 1 e gráfico 1

Tabela 1. Contrastação média por fluxo.

Fluxo (ml/s) / Disparo automático (UH)	Nº de amostras	Nível médio de contrastação (UH)	Desvio padrão (UH)	Coefficiente de variação (%)
Manual*	5	194,9	141,2	72,4
3,0/90	4	216,6	113,3	52,3
3,5/90	26	286,5	106,6	37,2
4,0/90	27	300,2	58,8	19,6
4,0/80	323	328,3	110,3	33,6
4,5/80	26	377,0	114,6	30,4
5,0/80	2	348,9	136,8	39,2

* - Disparo manual é executado quando falta insumos das injetora de contraste.

Gráfico 1. Contrastação média por fluxo



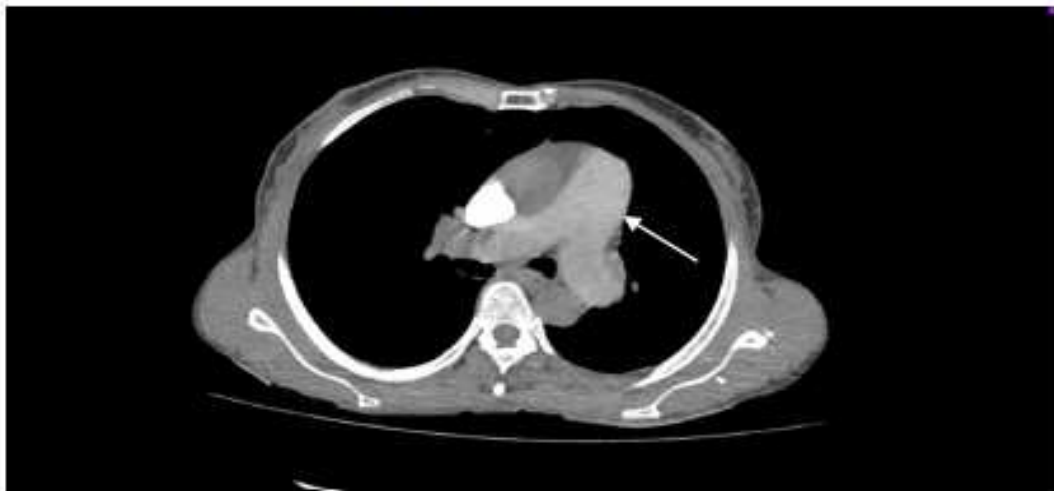
Analisando os resultados de contrastação média obtidos, verifica-se que o protocolo que apresenta melhor resultado em nível médio de contrastação é o que utiliza o fluxo de injeção de 4,5 ml/s e a densidade de 80 UH para o disparo automático do exame. Analisando o Coeficiente de Variação² (CV) das amostras, observa-se que os protocolos com os piores resultados são aqueles com injeção manual de contraste onde o CV é de 72,4%, bem como os de fluxo de injeção de 3,0 ml/s e a densidade de 90 UH com um CV de 52,3%, indicando que esses dois protocolos não devem ser utilizados, tanto pela heterogeneidade e quanto pela baixa contrastação média das amostras.

Os dois protocolos com melhores resultados de CV são os com 4,0 ml/s e 90 UH de disparo automático com CV de 19,6% e o com 4,5ml/s e 80 UH de disparo automático com CV de 30,4%. Pode ser observado que apesar de o primeiro protocolo estar dentro da faixa de homogeneidade que é até 20%, a sua contrastação média está próxima ao limite inferior do nível de contrastação estabelecido por Halpern (2009). Já o segundo protocolo apresenta contrastação média acima do limite de 350 UH, mas apresenta um CV que indica heterogeneidade da amostra.

² Estudo estatístico para determinação de homogeneidade de amostra. De acordo com Gomes (2000) o coeficiente de variação (CV) indica que a amostra é homogênea quando estes valores são menores ou iguais a 20%, e para valores acima de 20% a amostra é considerada heterogênea.

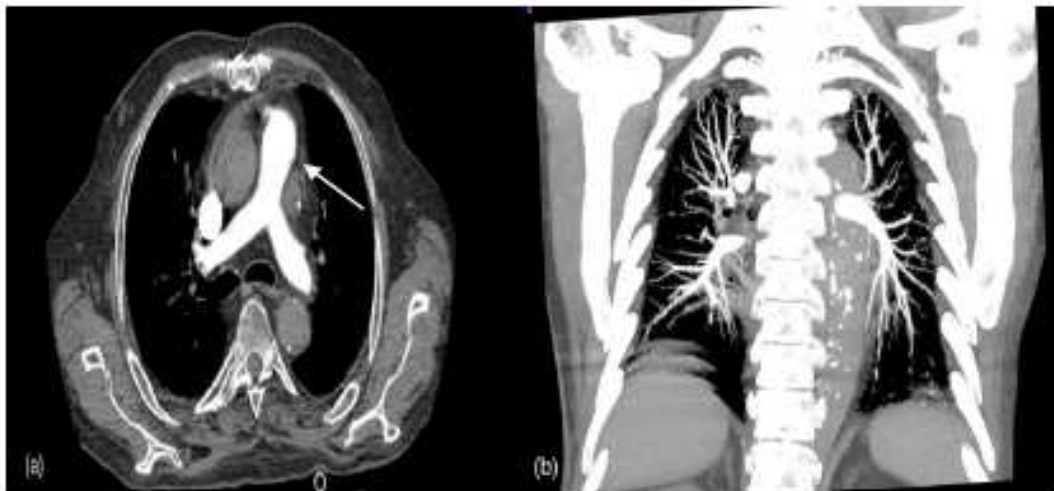
Tomando como base a contrastação da região de interesse as angioTEP podem ser classificadas como precoce (figura 1), ideal (figura 2) e tardia (figura 3).

Figura 1. AngioTEP precoce



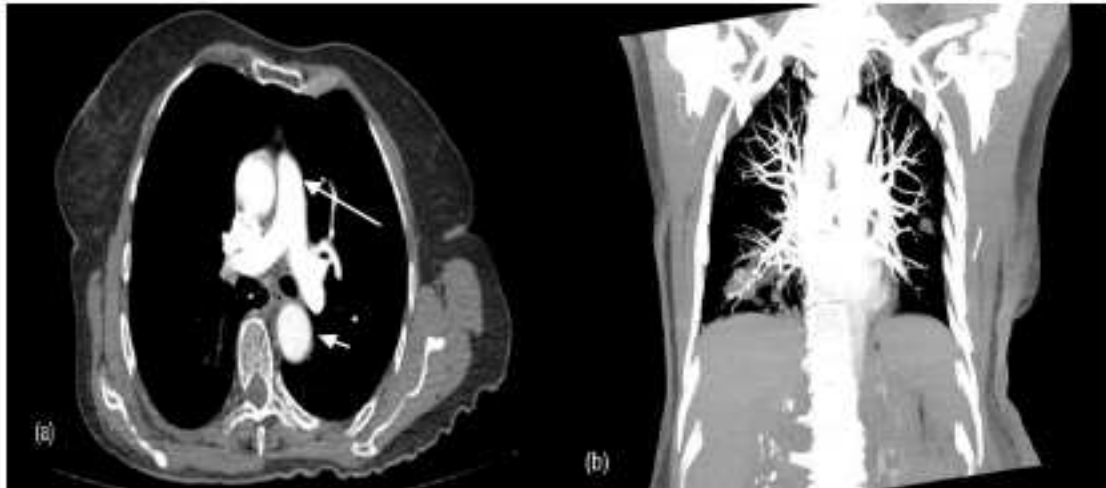
Região de interesse com baixa contrastação (seta). Fonte: Própria.

Figura 2. AngioTEP ideal



a) Região de interesse com contrastação ideal (seta); b) reformatação em projeção de máxima intensidade (MIP) Fonte: Própria.

Figura 3. AngioTEP tardia



- a) Região de interesse com contrastação (seta longa) e alta contrastação de região que não é de interesse (seta curta); b) reformatação em projeção de máxima intensidade (MIP)

Fonte: Própria.



4. CONCLUSÕES

Verifica-se que a seleção da técnica adequada tem um papel fundamental no desfecho da angioTEP, contribuindo grandemente para que o exame tenha qualidade suficiente para estabelecer um diagnóstico definitivo ao paciente, evitando a repetição de exames ou mesmo que se submeta a outros testes em radiologia diagnóstica, reduzindo sensivelmente a dose de radiação a que o paciente possa ser exposto.

A técnica que apresenta o melhor média de contrastação da região de interesse é a que utiliza um fluxo de 4,5 ml/s e um disparo automático do exame configurado em 80 UH chegando a um nível médio de contrastação de $377,0 \pm 114,6$ UH e dentre as três técnicas que apresentam os melhores níveis de contrastação essa é a que apresenta o melhor coeficiente de variação com 30,4% em comparação as outras técnicas, com 33,6% e 39,2%. Também podemos observar um importante aumento quando comparamos os resultados dos níveis de contrastação média das técnica utilizada no início de realização das AngioTEP, no hospital onde foi realizado o estudo, que foi a técnica de fluxo de injeção de contraste de 3,5 ml/s com disparo automático de 90 UH, obtendo um nível médio de contrastação de $286,5 \pm 106,6$ UH e CV de 37,2%, com a técnica mais atual e que apresentou o melhor nível médio de contrastação com fluxo de injeção de contraste de 4,5 ml/s com disparo automático de 80 UH e nível médio de contrastação de $377,0 \pm 114,6$ UH e CV de 30,4%.

Outro fato importante é que as técnicas que comprovadamente não estabeleçam um nível de contrastação adequado, impossibilitando ao radiologista confirmar ou refutar a suspeita diagnóstica, sejam abolidas com a finalidade diminuir os exames inconclusivos, técnicas como a injeção manual de contraste com coeficiente de variação de 72,4% e outras técnicas que não atingiram o nível de contrastação mínimo estabelecido pela bibliografia.

Existem também outras medidas que o setor de tomografia computadorizada pode implementar com a finalidade de melhorar a qualidade geral das angioTEPs, tais como a aquisição e utilização de contrastes com maior concentração de iodo, melhorando o nível de contrastação da região de interesse e até mesmo diminuindo a quantidade de contraste utilizado nos pacientes, reduzindo custos e diminuindo os riscos dos efeitos adversos pelo uso do contraste, estabelecer parâmetros mínimos para a realização das angioTEPs e orientar o corpo clínico do hospital da importância de se observar essas condições, para a garantia da qualidade diagnóstica do exame e redução de dose de radiação ionizando no paciente.



AGRADECIMENTOS

Ao Hospital das Clínicas da Universidade Federal de Minas Gerais, em especial ao departamento de radiologia por possibilitar a execução deste trabalho.

Ao Departamento de Engenharia Nuclear da Escola de Engenharia da Universidade Federal de Minas Gerais, pelo apoio educacional.

Aos meus orientadores, Profa. Dra. Maria Auxiliadora Fortini Veloso e Prof. Dr. Marcos Eugênio Silva Abrantes pela paciência e apoio a mim oferecidos.



REFERÊNCIAS

ACR MANUAL ON CONTRAST MEDIA - ACR Committee on Drugs - and Contrast Media 2016. Disponível em: < <https://www.acr.org/Quality-Safety/Resources/Contrast-Manual> >. Último acesso em: 16 mar. 2017.

AMERICAN COLLEGE OF RADIOLOGY et al. ACR-NASCI-SIR-SPR practice parameter for the performance and interpretation of body computed tomography angiography (CTA) 2017. Disponível em: < <https://www.acr.org/-/media/ACR/Files/Practice-Parameters/Body-CTA.pdf> >. Último acesso em: 30 mar. 2017

BAE, K. T. Intravenous contrast medium administration and scan timing at CT: considerations and approaches 1. *Radiology*, v. 256, n. 1, p. 32-61, 2010. Disponível em: <<https://doi.org/10.1148/radiol.10090908>>. Último acesso em: 16 mar. 2017.

BRASIL; MINISTÉRIO DA SAÚDE, SECRETARIA DE VIGILÂNCIA SANITÁRIA. Diretrizes de proteção radiológica em radiodiagnóstico médico e odontológico: Portaria nº 453. 1998.

DARZE, E. S., Casqueiro, J. B., Ciuffo, L. A., Santos, J. M., Magalhães, I. R., & Latado, A. L. Mortalidade por embolia pulmonar no Brasil entre 1989 e 2010: disparidades regionais e por gênero. *Arq Bras Cardiol [revista eletrônica]*, p. 4-12, 2016.

GOMES, F. P. Curso de estatística experimental. 14. ed. Piracicaba: Nobel, 477 p., 2000

KONSTANTINIDES, Stavros et al. 2014 ESC guidelines on the diagnosis and management of acute pulmonary embolism. *European heart journal*, p. ehu283, 2014. Disponível em: <<https://doi.org/10.1093/eurheartj/ehu283>>. Último acesso em: 30 abr. 2017.

HALPERN, Ethan J. Triple-rule-out CT angiography for evaluation of acute chest pain and possible acute coronary syndrome. *Radiology*, v. 252, n. 2, p. 332-345, 2009. Disponível em: <<https://doi.org/10.1148/radiol.2522082335> >. Último acesso em: 21 abr. 2017

HOFER, Matthias. Tomografia Computadorizada - Manual prático de ensino. Ed. Revinter, 2005. ISBN 85-7309-855-4

Horos Project (2015). DICOM image viewing and measuring. [Horos v.2.02]. Disponível em: <http://www.horosproject.org/>. Último acesso: 26 jan. 2017



NGC - National Guideline Clearinghouse. Guideline summary: ACR Appropriateness Criteria® acute chest pain — suspected pulmonary embolism. In: National Guideline Clearinghouse (NGC) [Web site]. Rockville (MD): Agency for Healthcare Research and Quality (AHRQ); 2016. Disponível em: <DOI:10.1097/RTI.0b013e31823efeb6>. Último acesso em 06 mar. 2017.

NÓBREGA, Almir Inácio da. Manual de tomografia Computadorizada. Atheneu, 2005.

ON CARDIAC, Expert Panels et al. ACR Appropriateness Criteria® Acute Chest Pain—Suspected Pulmonary Embolism. *Journal of the American College of Radiology*, v. 14, n. 5, p. S2-S12, 2017. Disponível em: < doi.org/10.1016/j.jacr.2017.02.027 > Último acesso em 21 maio 2017.

STEIN, Paul D. et al. Multidetector computed tomography for acute pulmonary embolism. *New England Journal of Medicine*, v. 354, n. 22, p. 2317-2327, 2006. Disponível em: <DOI:10.1056/NEJMoa052367>_Último acesso em: 04 mar. 2017.

SILVA, I. S. C.; MULLER, Nestor L. Diagnóstico por imagem do tromboembolismo pulmonar agudo. *J Bras Pneumol*, v. 30, n. 5, p. 474-9, 2004. Disponível em: <<http://www.scielo.br/pdf/jbpneu/v30n5/v30n5a12>> Último acesso em: 16 mar. 2017.

VOLPE, G. J., Joaquim, L. F., Dias, L. B., Menezes, M. B., & Moriguti, J. C. Tromboembolismo pulmonar. *Medicina (Ribeirao Preto. Online)*, v. 43, n. 3, p. 258-271, 2010. Disponível em: <<http://dx.doi.org/10.11606/issn.2176-7262.v43i3p258-271>>. Último Acesso em: 06 Out. 2016.