

UNIVERSIDADE FEDERAL DE UBERLÂNDIA
INSTITUTO DE FÍSICA

LARISSA MARQUES SOUZA

O USO DE CONTRASTE NA TOMOGRAFIA COMPUTADORIZADA

Uberlândia

2025

LARISSA MARQUES SOUZA

O USO DE CONTRASTE NA TOMOGRAFIA COMPUTADORIZADA

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado ao Instituto de Física da Universidade Federal de Uberlândia como requisito parcial para obtenção do título de bacharel em Física Médica.

Orientador: Prof. Dr. José Roberto Tozoni

Uberlândia

2025

AGRADECIMENTOS

Agradeço primeiramente a Deus, por me abençoar e me proporcionar saúde e perseverança para superar todos os desafios durante minha jornada acadêmica.

Aos meus pais, Lorival de Souza e Izabel Aparecida Marques de Souza, por todo o apoio e incentivo diário que foram essenciais para que eu não desistisse diante das dificuldades. A vocês devo não apenas minha formação profissional, mas também minha formação pessoal.

À minha irmã, Karolline Marques Souza, pela ajuda emocional, força e companheirismo durante esse processo.

À toda minha família, avós, tios, tias, primos e afilhados que ofereceram palavras de conforto e momentos de alegria que tornaram a caminhada mais leve. Aos meus avós, que mesmo não estando presente fisicamente, permanecem vivos em minha memória sendo fonte de inspiração.

Ao meu orientador, Prof. Dr. José Roberto Tozoni pela paciência e disponibilidade em cada etapa deste trabalho.

Agradeço a Universidade Federal de Uberlândia por proporcionar a oportunidade de formação, e a todos meus professores do curso de Física Médica, pela inspiração ao longo desses anos e pela disponibilidade em transmitir todo seu conhecimento.

Aos meus amigos, que direta ou indiretamente me deram forças nos dias mais difíceis, por sempre me apoiarem e celebrarem cada vitória.

Por fim, a todos que de alguma maneira contribuíram para minha formação, o meu sincero agradecimento.

“São as nossas escolhas que revelam o que realmente somos, muito mais do que as nossas qualidades.”

— Alvo Dumbledore, *Harry Potter e a Câmara Secreta*, J.K. Rowling

RESUMO

A Tomografia Computadorizada (TC) é uma técnica de diagnóstico por imagem muito utilizada atualmente para estadiamento e detecção de diversas doenças. O uso de meios de contraste nesses exames é essencial para diferenciar tecidos e obter imagens mais precisas, permitindo a visualização de vasos sanguíneos e lesões tumorais, muitas vezes não identificadas na radiografia convencional ou por exames realizados sem contraste. Este trabalho tem como objetivo realizar uma revisão bibliográfica sobre o tema, permitindo o estudo sobre os principais tipos de meios de contraste utilizados na TC e os riscos ao utilizá-los. As reações adversas se tornam cada vez mais frequentes, reforçando a necessidade do preparo adequado da equipe multidisciplinar, incluindo médicos, enfermeiros e físicos médicos, para garantir a segurança do paciente, evitando possíveis complicações. Compreender as propriedades químicas e físicas dos agentes de contraste, assim como realizar a anamnese adequada do paciente, é fundamental para reduzir riscos e garantir a eficácia do exame.

Palavras-chave: Tomografia Computadorizada; Meios de Contraste; Reações adversas; Segurança do paciente.

ABSTRACT

Computed Tomography (CT) is a diagnostic imaging technique widely used today for staging and detecting various diseases. The use of contrast agents in these exams is essential for differentiating tissues and obtaining more accurate images, allowing the visualization of blood vessels and tumor lesions, often missed on conventional radiography or in exams performed without contrast. This study aims to conduct a literature review on the subject, enabling the study of the main types of contrast agents used in CT and the risks associated with their use. Adverse reactions are becoming increasingly frequent, reinforcing the need for adequate training of the multidisciplinary team, including physicians, nurses, and medical physicists, to ensure patient safety and avoid potential complications. Understanding the chemical and physical properties of contrast agents, as well as performing an appropriate patient history, is essential to reduce risks and ensure the exam's effectiveness.

Keywords: Computed Tomography; Contrast Agents; Adverse Reactions; Patient Safety.

LISTA DE ILUSTRAÇÕES

Figura 1: Imagens da cabeça por diferentes técnicas	14
Figura 2: Reconstrução tomográfica a partir de projeções.	16
Figura 3: Esquema do sistema de Tomografia Computadorizada.	19
Figura 4: Classificação dos meios de contraste iodados em monômeros e dímeros, iônicos e não iônicos, de acordo com sua osmolalidade.	22
Figura 5: Frasco de Iohexol 350 mgI/mL, meio de contraste iodado não iônico utilizado em exames de TC.	23
Figura 6: Interação dos raios X com a matéria através do efeito Compton.....	24
Figura 7: Interação dos raios X com a matéria através do efeito fotoelétrico	25
Figura 8: Coeficiente de atenuação em função da energia dos fótons para tecido (azul) e iodo (vermelho), destacando a borda de absorção do iodo.....	26
Figura 9: Tomografia abdominal com contraste iodado: (A) plano coronal e (B) plano axial, mostrando a aorta abdominal (setas) e as artérias renais (cabeças de setas).	27
Figura 10: TC axial de crânio: sem contraste à esquerda; com contraste à direita.....	28

LISTA DE TABELAS

Tabela 1: Valores de HU.	17
Tabela 2: Classificação da severidade das reações, adaptada da escala de Ring e Messmer ...	29

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

CBR	Colégio Brasileiro de Radiologia e Diagnóstico por Imagem
ESUR	European Society of Urogenital Radiology
FOV	Campo de visão
G	Aceleração gravitacional
HU	Unidade de Hounsfield
IAEA	International Atomic Energy Agency
IMC	Índice de Massa Corpórea
L	Nível da janela
MC	Meios de contraste
MHU	Milhões de unidades de calor
TC	Tomografia Computadorizada
W	Largura da janela
Z	Número atômico

SUMÁRIO

1. INTRODUÇÃO.....	12
2. OBJETIVOS	13
2.1 Objetivos gerais.....	13
2.2 Objetivos específicos	13
3. FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA.....	14
3.1 A Tomografia Computadorizada	14
3.2 História da Tomografia Computadorizada.....	15
3.3 Princípios básicos da TC	16
3.3.1 A física da Tomografia Computadorizada	16
3.3.2 Componentes da Tomografia Computadorizada	18
3.3.3 Aspectos técnicos da Tomografia Computadorizada	19
3.4 Contrastes radiológicos	20
3.4.1 Tipos de contrastes	20
3.4.2 Propriedades físicas e químicas	21
3.4.3 Administração dos meios de contraste em Tomografia Computadorizada	23
3.4.4 Aspectos físicos da absorção de raios X pelos meios de contraste.....	24
3.4.5 Indicações e aplicações clínicas.....	26
3.4.6 Reações Adversas	28
3.4.7 Prevenção e Manejo.....	30
3.4.8 Pacientes em condições especiais	31
4. METODOLOGIA.....	32
5. RESULTADOS E DISCUSSÕES.....	34
6. CONSIDERAÇÕES FINAIS.....	36
REFERÊNCIAS.....	37

1. INTRODUÇÃO

A tomografia computadorizada (TC) é um equipamento que permite o diagnóstico por imagem, que ao combinar a emissão de feixes de raios X e o processamento computacional, gera imagens detalhadas de estruturas internas do corpo (Mourão, 2017). Desenvolvida por volta de 1970, a TC permitiu a descoberta de diversas doenças e com isso os tratamentos se tornaram mais precisos e eficazes (Bushong, 2012).

Para que tecidos possam ser visualizados com mais detalhes, são utilizados os meios de contraste. Estes permitem que seja mais fácil distinguir alguns órgãos e vasos sanguíneos, que não são nítidos em exames de TC sem o uso de contraste (Camargo, 2015).

Os meios de contraste mais utilizados em TC são compostos à base de iodo, mas em casos em que o paciente apresenta alguma reação ao iodo, pode ser utilizado o contraste feito por sulfato de bário (Lauzi, 2020). A administração do MC pode ser feita, dependendo da região a ser analisada, por via intravenosa, oral ou retal (Camargo, 2015).

Algumas reações adversas podem ser observadas ao utilizar os meios de contraste, classificadas de leves a graves, em pacientes que apresentam ou não doenças preexistentes (Dutra, 2022).

Através de uma equipe multidisciplinar treinada corretamente, incluindo médicos, enfermeiros e físicos médicos, de uma anamnese prévia no paciente e do uso de protocolos individualizados, o risco de ocorrer reações adversas é reduzido, oferecendo uma maior segurança para o paciente e um exame de melhor qualidade (Camargo, 2015; CBR, 2024).

O físico médico nesse contexto, garante o controle de qualidade das imagens de TC, avalia as doses de radiação garantindo a menor exposição possível ao paciente e auxilia na definição de protocolos de aquisição, além de padronizar o uso de contrastes e orientar a equipe quanto à segurança do paciente (Caruso, 2025).

Portanto, a revisão bibliográfica sobre o uso de meios de contraste em Tomografia Computadorizada, se torna um meio de estudo essencial para garantir a qualidade dos exames e proporcionar um avanço tecnológico para que os MC se tornem cada vez mais seguros e eficazes.

2. OBJETIVOS

2.1 Objetivos gerais

Este trabalho tem como objetivo geral investigar o uso de contraste em Tomografia Computadorizada, incluindo os tipos de contraste e os desafios para uso dos tais na prática clínica.

2.2 Objetivos específicos

- Realizar uma revisão bibliográfica sobre o uso de contraste nos exames de Tomografia Computadorizada.
- Analisar os diferentes tipos de contraste utilizados.
- Analisar as possíveis complicações e discutir os cuidados necessários para realização do exame de Tomografia Computadorizada.

3. FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA

3.1 A Tomografia Computadorizada

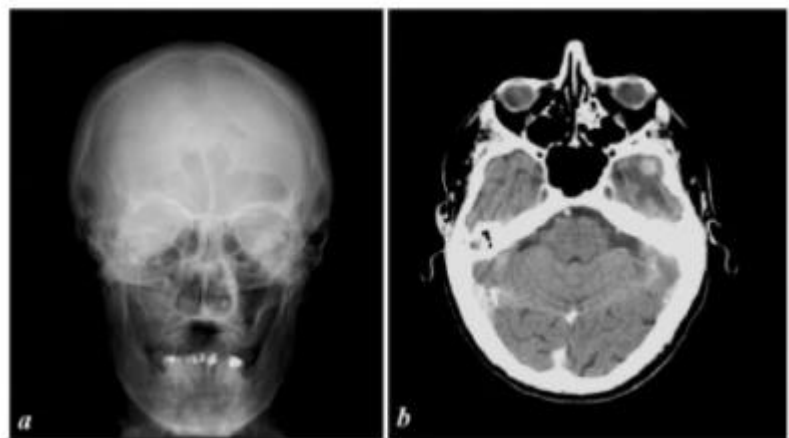
Após descoberta dos Raios-X no final do século XIX, o surgimento da Tomografia Computadorizada em 1970 revolucionou os diagnósticos por imagem, sendo um dos equipamentos mais evoluídos e avançados para identificar doenças e planejar tratamentos (Mourão, 2017).

A primeira vez que um tomógrafo foi utilizado clinicamente, foi em 1971 para conseguir visualizar melhor um tumor cerebral de uma mulher de 41 anos (Posses, 2020).

Na TC é utilizado um feixe de raios-X em formato de leque que rotaciona 360° ao redor do paciente (Camargo, 2015). Conforme os feixes atravessam o paciente e alcançam os detectores de radiação do aparelho, a intensidade da radiação captada gera sinais proporcionais à radiação incidente, gerando imagens da parte do corpo que está sendo analisada (Dias et al, 2020).

Na figura a seguir é possível observar duas imagens diagnósticas da cabeça. A primeira (a), à esquerda, apresenta uma radiografia convencional frontal gerada por um aparelho de raios X, onde as estruturas com maior absorção do feixe de raios X são mais evidenciadas, por isso, se torna mais difícil visualizar os tecidos moles. Já a segunda imagem (b), mostra um corte axial do crânio obtido por TC. Nessa imagem, é possível visualizar as estruturas ósseas e distinguir os tecidos moles (Mourão, 2017).

Figura 1:Imagens da cabeça por diferentes técnicas



Fonte: (Mourão, 2017, p.18).

A Tomografia Computadorizada se tornou um grande avanço para o diagnóstico de lesões e alterações internas do organismo humano sendo um exame que evolui a cada ano, acompanhando o avanço tecnológico.

3.2 História da Tomografia Computadorizada

A Tomografia Computadorizada surgiu através da evolução dos aparelhos de raios-X descobertos no final do século 19, mais especificamente, no ano de 1895 pelo físico Wilhelm Roentgen (Mourão, 2017). Bushong (2012, p.373) diz que os componentes utilizados para a construção de um tomógrafo, já eram conhecidos pelos profissionais da área antes mesmo do equipamento ser comercializado na década de 70. Através da empresa EMI, famosa por gravar os discos dos Beatles (Bushong, 2012), Godfrey Hounsfield apresentou o aparelho de Tomografia Computadorizada como um instrumento para o diagnóstico por imagem no ano de 1972 no encontro da Sociedade Radiológica da América do Norte, marcando o início da venda de tais aparelhos (Mourão, 2017).

Os primeiros exames eram extremamente demorados, para reunir informações para cada corte eram necessários em torno de 5 minutos, sendo necessários em torno de 100 a 1000 cortes para a construção de uma imagem de uma parte do corpo (Posses, 2020). Ou seja, os primeiros exames de TC demoravam cerca de 150 minutos para processar uma imagem simples e até 9 dias para realizar a aquisição de uma imagem.

Por volta de 1980, pesquisas envolvendo a TC demonstraram sua eficiência e capacidade em diagnosticar tumores e alguns casos de câncer, principalmente de pulmão. Também foi muito utilizada na época para determinar doenças cerebrais. No final da década de 80, surgiram os primeiros aparelhos de TC Helicoidal, sendo mais rápida e eficaz (Mourão, 2017).

No ano de 1980, surgiram aplicações em imagens tridimensionais, mostrando a evolução da Tomografia Computadorizada Helicoidal (Mourão, 2017). Na TC Helicoidal a mesa com o paciente que se move, captando as informações necessárias de maneira contínua (Posses, 2020).

No início da década de 90, foi lançado o aparelho de TC multicorte, que consegue adquirir quatro cortes de imagens simultaneamente com um tempo de aquisição muito mais baixo do que as primeiras gerações de tomógrafos (Posses, 2020). Além disso, a dose de radiação também diminuiu quando comparado aos primeiros equipamentos de Tomografia Computadorizada (Bushong, 2012).

Atualmente, são utilizados os aparelhos de TC helicoidais multicorte, sendo muito mais rápidos para adquirir imagens do que os aparelhos criados em meados de 1970 (Mourão, 2017).

3.3 Princípios básicos da TC

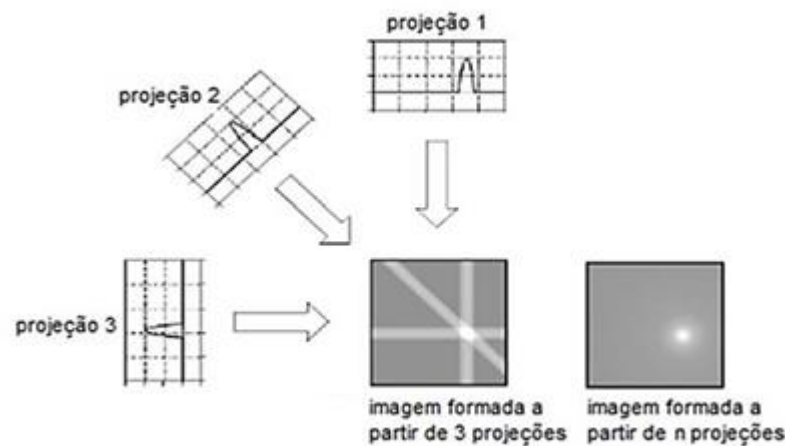
3.3.1 A física da Tomografia Computadorizada

Para se obter uma imagem através de uma Tomografia Computadorizada é preciso quantificar os perfis de transmissão dos raios X de acordo com o paciente. Os fótons emitidos pelo tubo de raios X, que gira ao redor do paciente, atravessam o corpo em diferentes ângulos e são captados pelo sistema tomográfico. Nesse processo são formadas projeções, que indicam a atenuação da radiação (Bortolotto, 2022).

Segundo a IAEA (2014), com um número suficiente de projeções adquiridas por diferentes ângulos, é possível reconstruir uma imagem tomográfica sem sobreposição das estruturas internas do corpo.

A figura mostra o processo de reconstrução tomográfica a partir das projeções obtidas em ângulos diferentes ao redor do paciente. Quando as três projeções são combinadas, se cria uma imagem inicial com alguns artefatos. Ao se usar n projeções, a reconstrução se torna mais detalhada e praticamente livre de artefatos.

Figura 2: Reconstrução tomográfica a partir de projeções.



Fonte: (Bortolotto, 2022, p. 85).

Através do coeficiente de atenuação linear (μ) é possível identificar a intensidade do feixe de raios X que é absorvida ao atravessar um tecido, dependendo da composição e densidade do material como mostra a equação de Lambert-Beer (Bortolotto, 2022):

$$I(x) = I_0 e^{-\mu x}$$

Na TC são utilizados feixes com várias energias e por isso é preciso conhecer a intensidade inicial dos fótons emitidos pelo equipamento (I_0) e a quantidade de radiação que chega ao detector ($I(d)$) (Bortolotto, 2022).

Nos tomógrafos atuais, a unidade padrão utilizada é a Unidade de Hounsfield (HU) que é expressa em relação ao coeficiente de atenuação linear da água (Junior, 2001):

$$HU_{material} = \frac{\mu_{material} - \mu_{água}}{\mu_{água}} \times 1000$$

Os valores de HU variam conforme a voltagem do tubo de raios X do equipamento (medida em kVp), da composição do tecido ou material e da temperatura (Bortolotto, 2022).

A tabela mostra os valores mais típicos de HU, para diferentes tecidos e matérias.

Tabela 1: Valores de HU.

Material	HU
Osso	+1000 (+300 a +2500)
Fígado	+60 (+50 a +70)
Sangue	+55 (+50 a +60)
Rins	+30 (+20 a +40)
Músculo	+25 (+10 a +40)
Cérebro – Substância Cinzenta	+35 (+30 a +40)
Cérebro – Substância Branca	+25 (+20 a +30)
Água	0
Gordura	-90 (-100 a -80)
Pulmão	-750 (-950 a -600)
Ar	-1000

Fonte: (Bortolotto, 2022, p. 87).

Para diferenciar os tecidos em uma imagem tomográfica é necessário selecionar de forma apropriada a largura da janela (W), que define a variação de preto a branco, e o nível da janela (L), que define o valor central de HU. São os ajustes de W e L que controlam os tons de cinza da imagem, sem que os valores de HU sejam alterados (Bortolotto, 2022).

Os dados de atenuação são armazenados em matrizes formadas por linhas e colunas, sendo cada ponto da imagem um pixel, associado a um voxel - elemento de volume. O tamanho do pixel depende do campo de visão (FOV) e do tamanho da matriz utilizada na aquisição da

imagem. Esses valores armazenados são convertidos em HU e formam a imagem tomográfica digital (Bortolotto, 2022; Bushong, 2012).

3.3.2 Componentes da Tomografia Computadorizada

O sistema de imagens de uma Tomografia Computadorizada é composto basicamente por: um sistema computacional, uma mesa e o gantry, onde cada um desses componentes é composto por outros elementos (Bushong, 2012).

- Console de operação: Também conhecido como painel de controle, é responsável por controlar todo o aparelho de TC (Mourão, 2017). Através dele, também é possível processar as imagens após a realização do exame e fazer o tratamento das mesmas controlando brilho e contraste, tornando a imagem o mais nítida possível, para que posteriormente seja laudada pelo profissional responsável (Bushong, 2012).

- Mesa: A mesa é o local onde o paciente é posicionado para que o exame possa ser realizado (Mourão, 2017). Também é importante que a mesa seja de um material com baixo número atômico, para que haja interferência na transmissão dos feixes de raios X (Bushong, 2012).

- Gantry: É um dispositivo que em seu interior está localizado o tubo de raios-X, os detectores, gerador de alta tensão e todos os componentes necessários para adquirir as imagens em um exame de Tomografia Computadorizada (Mourão, 2017). Todas estas peças, em um intervalo de tempo de aproximadamente 0,3 s, fazem um movimento de rotação ao mesmo tempo gerando uma força gravitacional de até 15G (Bortolotto, 2022). Através de alguns dispositivos elétricos no interior do gantry, como anéis e escovas deslizantes, a transmissão de energia elétrica não precisa ser interrompida para pausar a rotação do tubo (Bortolotto, 2022).

- Tubos de Raios X: A principal falha encontrada nos tomógrafos está relacionada as falhas nos tubos de raios X, decorrente da alta exigência de carga térmica dos emissores de raios X. Estes têm anodos com capacidade de armazenar 8 MHU e taxas de resfriamento de 1 MHU (Bushong, 2012). Como atualmente os tomógrafos utilizam a tecnologia de feixe de elétrons, em um compartimento rotativo mantidos a vácuo e resfriado a óleo, estão inseridos o catodo e o anodo. Devido a flutuação do ponto focal que fica dentro alvo, um campo magnético externo é aplicado para modular o feixe, permitindo dobrar o número de imagens produzidas (Bortolotto, 2022).

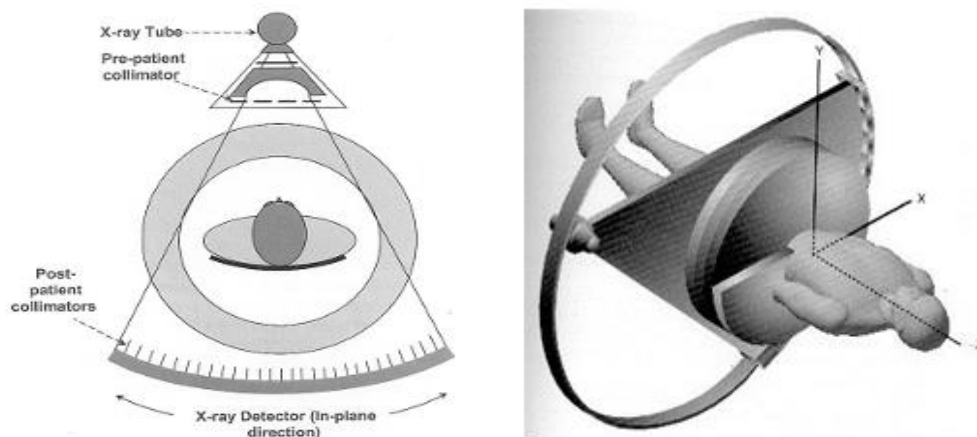
- Colimador: A colimação na Tomografia Computadorizada, onde geralmente são utilizados dois colimadores, é responsável por limitar o volume do tecido irradiado, melhorar o contraste da imagem e, conseqüentemente, reduzir a dose para o paciente (Bushong, 2012). O colimador

é constituído por duas lâminas de chumbo colocadas na saída do feixe. Em tomógrafos de corte único, os colimadores determinam a espessura do corte da imagem, e nos de múltiplos detectores a colimação é determinada eletronicamente (Bortolotto, 2022).

- Detectores: São elementos compostos por materiais sensíveis a radiação, capazes de absorver os fótons de raios X e assim convertê-los em sinais elétricos. A eficiência dos detectores está diretamente relacionada ao material utilizado, sendo atualmente os mais utilizados os cintiladores e os fotodiodos (Bortolotto, 2022).

A imagem do lado esquerdo mostra um esquema do sistema de TC, com o tubo de raios X emitindo feixes que atravessam o paciente, atingem os colimadores e captados pelo detector. A segunda imagem mostra cortes tomográficos para os planos x e y, que correspondem ao corpo do paciente e no plano z, que indica a direção da mesa (Bortolotto, 2022).

Figura 3:Esquema do sistema de Tomografia Computadorizada.



Fonte: (Bortolotto, 2022, p.92).

3.3.3 Aspectos técnicos da Tomografia Computadorizada

Camargo (2015, p. 118) diz que para que se obtenha uma boa imagem final, alguns dados precisam ser ajustados no tomógrafo.

- Imagem em matriz: atualmente, a matriz comum de um tomógrafo é de 512x512 e a imagem é formada por uma matriz de pixels em um arranjo de linhas e colunas.
- Tickness: é a espessura do corte, que varia de 1mm a 10mm.
- Pitch: é a relação entre a velocidade da mesa e a espessura do corte.
- Kilovoltagem (kVp): é o poder de penetração dos raios-X nos tecidos.

- Miliamperagem (mA): é inversamente proporcional ao kVp e está relacionado a corrente do tubo, fornecendo detalhes das estruturas.
- Miliamperagem por segundo (mAs): define o tempo que a corrente passa pelo tubo para fazer o corte.
- Varredura: se refere ao tempo de aquisição da imagem.
- Filtros: são utilizados dois filtros, um para contraste e outro para resolução espacial.
- Field of View (FOV): também chamado campo de visão, é a área examinada pela Tomografia Computadorizada, definida em centímetros.
- Escala de Hounsfield: é uma escala que varia as tonalidades de cinza, indo do preto ao branco. Os tecidos menos densos aparecem em preto, como ar (-1000 HU) e os mais densos aparecem em branco, como os ossos (+ 1000 HU).

3.4 Contrastes radiológicos

O contraste na imagem em exames radiológicos ocorre através da diferença de atenuação dos raios-x nos diferentes tecidos do corpo, dependendo da espessura, densidade e número atômico dos tecidos e órgãos. Os ossos e alguns músculos são mais visíveis nas imagens, pois possuem diferentes densidades ou números atômicos. Porém, alguns órgãos e vasos sanguíneos têm espessuras ou números atômicos semelhantes, e por isso é mais difícil diferenciá-los na imagem (Camargo, 2015).

Para controlar essa situação e gerar uma imagem mais nítida, é possível utilizar um meio de contraste para aumentar a densidade ou o número atômico de uma estrutura, minimizando a dose de radiação durante o exame.

3.4.1 Tipos de contrastes

Os meios de contraste têm como principal função diferenciar as estruturas do corpo, observando a diferença da densidade de tecidos e órgãos, indicando alguma patologia (Camargo, 2015). Existem dois tipos de contraste: os positivos e os negativos. Os MC positivos, também chamados de radiopacos, são administrados principalmente por via oral e endovenosa. Eles contêm elementos com alto peso atômico e absorvem parte da radiação, fazendo com que certas estruturas fiquem mais visíveis nas imagens. Os meios de contraste positivos são classificados em iodados e baritados (compostos por sulfato de bário). Já os contrastes negativos

ou radio transparentes são os que possuem baixo peso atômico e absorvem menos radiação (Camargo, 2015).

Na Tomografia Computadorizada o contraste mais utilizado é o positivo a base de iodo, a menos que o paciente indique alguma alergia ao contraste iodado e assim é utilizado um contraste de sulfato de bário (Camargo, 2015).

3.4.2 Propriedades físicas e químicas

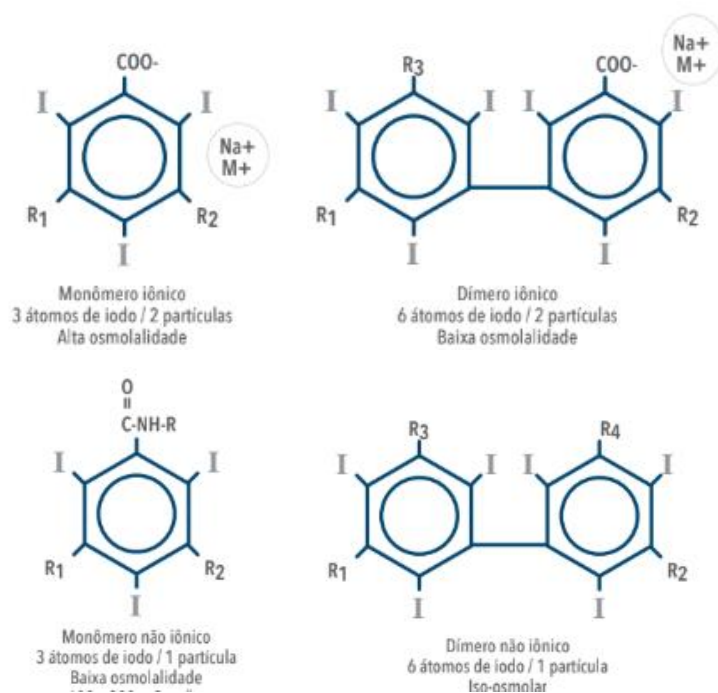
Os contrastes possuem características físico-químicas que demonstram sua qualidade e eficiência, sendo elas:

- **Ionicidade:** os MC podem ser classificados como iônicos ou não iônicos, dependendo da sua capacidade de dissociação. Os compostos não iônicos não liberam partículas com carga, diferentemente dos iônicos (Oliveira *et al*, 2023).
- **Solubilidade:** os agentes de contraste podem ser: hidrossolúveis (capazes de se dissolver em água), lipossolúveis (capazes de se dissolver em lipídios) e insolúveis (não se dissolvem em nenhum desses líquidos) (Oliveira *et al*, 2023).
- **Osmolaridade:** a osmose é um processo em que a água se move, através de uma membrana, de uma solução menos concentrada para uma mais concentrada (Camargo, 2015). A osmolaridade é número de partículas osmoticamente ativas de soluto presentes em solução em um quilograma de solvente. Existem os meios de contraste iso-osmolares, que se assemelha a osmolaridade do sangue, de baixa osmolaridade (hiposmolar), que incluem os monômeros não iônicos e os dímeros iônicos, e alta osmolaridade (hiperosmolar), que incluem os monômeros iônicos (Lauzi, 2020). Os MC de baixa e iso-osmolaridade são os mais usados por serem mais seguros e reduzirem os riscos de complicações, principalmente em pacientes com insuficiência renal (Oliveira *et al*, 2023).
- **Viscosidade:** propriedade que indica a resistência de um fluido ao escoamento. No meio de contraste, a viscosidade pode modificar sua diluição no sangue e consequentemente interferir no contraste da imagem do exame. Um dos principais agentes externos que modificam a viscosidade é a temperatura, quando um meio de contraste é aquecido a temperatura corporal, a viscosidade de todos os compostos é reduzida, sendo mais rápida a injeção do meio de contraste (Lauzi, 2020). Caso o fluxo da substância durante a injeção esteja lento, a imagem formada pode ser imprecisa (Camargo, 2015). Portanto, a maior parte dos contrastes iodados é aquecido quando é necessário melhor tempo e realce para um melhor contraste da imagem.

- **Hidrofilia:** descreve a afinidade de uma substância por água. Nos meios de contraste, quanto mais hidrofílico, menores seus efeitos tóxicos e assim sua tolerância será maior, o que reduz as chances de acontecer alguma reação adversa no paciente, tornando o meio de contraste mais seguro (Lauzi, 2020).

Do ponto de vista químico, os meios de contraste iodados têm uma estrutura básica composta por um anel benzênico com três átomos de iodo. A cada meio de contraste, as cadeias laterais são modificadas e definem se são monômeros ou dímeros, com um ou dois anéis benzênicos respectivamente. Também podem ser iônicos, se separam no plasma em um ânion e um cátion, ou não iônicos, que permanecem na sua fórmula original (Lauzi, 2020).

Figura 4: Classificação dos meios de contraste iodados em monômeros e dímeros, iônicos e não iônicos, de acordo com sua osmolalidade.



Fonte: (Lauzi, 2020, p.25)

Os contrastes iodados mais utilizados na Tomografia Computadorizada são o Iohexol ($C_{19}H_{26}I_3N_3O_9$), Ioversol ($C_{18}H_{24}I_3N_3O_9$), e Iopromida ($C_{18}H_{24}I_3N_3O_8$), todos são monômeros não iônicos, hidrossolúveis e com baixa osmolaridade (Lauzi, 2020).

Figura 5: Frasco de Iohexol 350 mgI/mL, meio de contraste iodado não iônico utilizado em exames de TC.



Fonte: Beilu Pharma (2025)

3.4.3 Administração dos meios de contraste em Tomografia Computadorizada

Estudos indicam que a voltagem do tubo da TC, o IMC e os pesos corporal total e magro do paciente, influenciam diretamente a atenuação do iodo. A otimização desses fatores, contribui para a obtenção de imagens de qualidade nos exames de Tomografia Computadorizada (Caruso, 2024).

Para o MC iodado, recomenda-se utilizar o peso corporal magro, obtido por exames de bioimpedância, como parâmetro para o cálculo da dose, permitindo uma redução no volume injetado sem comprometer a qualidade da imagem (Caruso, 2024). A fórmula sugerida para este cálculo é:

$$\text{Volume (mL)} = 700 \times \text{peso corporal magro (kg)} / \text{concentração (mgI/mL)}$$

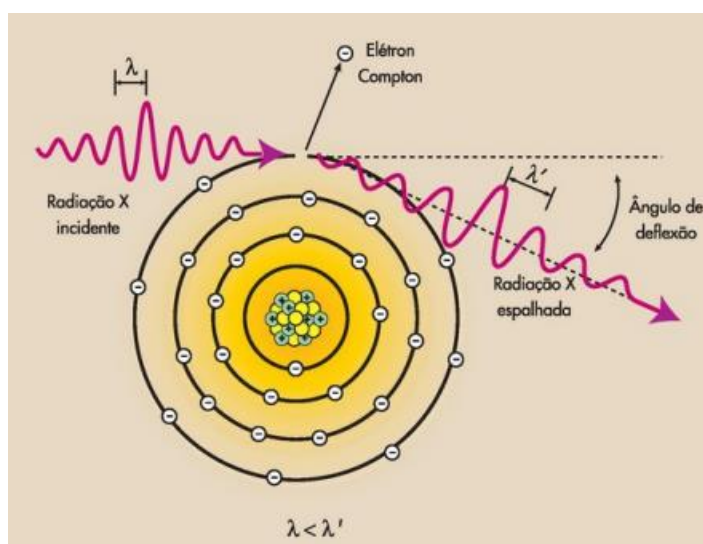
Além do peso e altura do paciente, outros fatores podem ser levados em consideração para calcular o volume do meio de contraste utilizado durante o exame de Tomografia Computadorizada. A função cardíaca do paciente é um desses fatores, pois quando diminuída, o tempo de circulação do contraste no organismo é maior, prolongando a realização do exame. Outro fator levado em consideração é a idade do paciente. Em geral, os pacientes mais jovens têm maior possibilidade de tolerar os MC devido a menor incidência de problemas cardíacos e renais, embora existam algumas exceções, como jovens com doenças preexistentes (Kalra *et al*, 2018).

3.4.4 Aspectos físicos da absorção de raios X pelos meios de contraste

A imagem obtida através da Tomografia Computadorizada, assim como a radiografia convencional, é formada pela atenuação diferencial dos tecidos do corpo. Tecidos mais densos como os ossos aparecem brancos nas imagens por absorverem mais raios X. Já os tecidos que absorvem menos radiação, aparecem em tons de cinza (Huda, 2017).

A atenuação que ocorre na faixa de energia utilizada na TC (30-140 keV), se dá predominantemente através do espalhamento Compton e do efeito fotoelétrico (Bushberg et al., 2012). Quando um fóton interage com um elétron de uma camada externa e o lança para fora do átomo, é chamado de espalhamento Compton, resultando em um aumento no seu comprimento de onda e desviando de sua trajetória (Bushong, 2012).

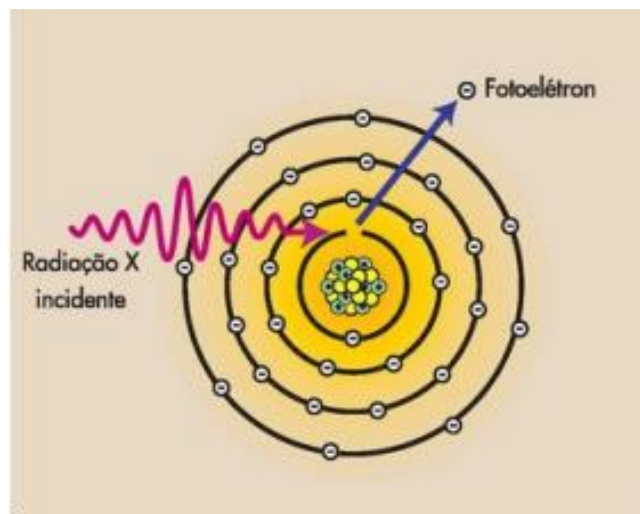
Figura 6: Interação dos raios X com a matéria através do efeito Compton



Fonte: (Bushong, 2012, p.166)

Já o efeito fotoelétrico ocorre com a absorção total da radiação incidente, e o elétron da camada mais interna (camada K) é lançado para fora do átomo (Bushong, 2012). Para átomos com número atômico baixo, a energia de ligação dos elétrons (energia necessária, que depende de Z para remover um elétron de sua camada orbital) também é baixa, e o fotoelétron é ejetado com energia cinética semelhante a energia da radiação incidente. Já para átomos com número atômico elevado, a energia cinética dos fotoelétrons é menor (Bushong, 2012).

Figura 7: Interação dos raios X com a matéria através do efeito fotoelétrico



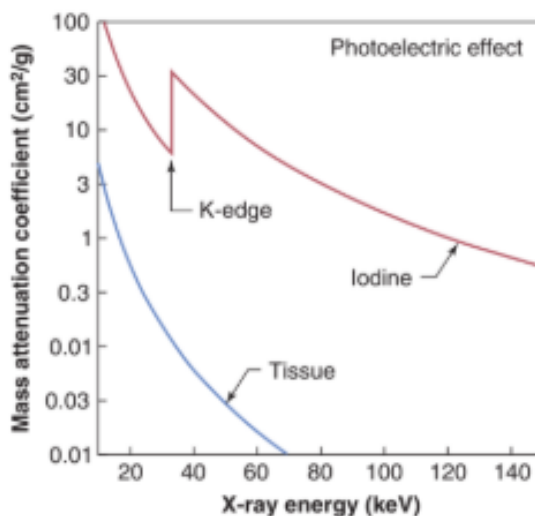
Fonte: (Bushong, 2012, p.168)

Para o uso de meios de contraste, o efeito fotoelétrico se torna importante por depender do número atômico do material e da energia do fóton incidente (Bushberg et al., 2012). A probabilidade de ocorrer esse efeito é maior para átomos com Z alto, como o iodo ($Z=53$) e o bário ($Z=56$), por isso são muito utilizados como meios de contraste, por sua elevada capacidade de absorver fótons de raios X quando comparados aos tecidos, compostos por elementos com baixo número atômico (Bushong, 2012).

Quando a energia do raio X é maior que a energia de ligação, ocorre a borda de absorção (K-edge) que é caracterizada por absorver muito mais raios X (Vajuhdeen et al., 2023). Elementos com alto número atômico, utilizados como meios de contraste, possuem bordas de absorção mais altas e por isso se tornam mais visíveis nos exames de TC (Bushberg et al., 2012). Como o iodo tem uma borda de 33,2 keV, que está na faixa de energia utilizada na TC, sua absorção se torna muito eficiente e por isso é muito utilizado como agente de contraste (Vajuhdeen et al., 2023). O mesmo acontece com o bário que tem K-edge de 37,4 keV.

A figura 8 mostra um gráfico do coeficiente de atenuação em função da energia dos fótons de raios X, sendo o iodo representado pela curva vermelha e o tecido pela linha azul. Como o iodo possui um alto número atômico, os valores de atenuação aumentam em baixas energias. Em torno de 33 keV ocorre um aumento da atenuação que é justamente a borda de absorção (Bushberg, 2012).

Figura 8: Coeficiente de atenuação em função da energia dos fótons para tecido (azul) e iodo (vermelho), destacando a borda de absorção do iodo



Fonte: (Bushberg, 2012, p.43)

3.4.5 Indicações e aplicações clínicas

Como já comentado, em alguns exames de Tomografia Computadorizada se torna necessário o uso de contraste, sendo muito comum em exames como estudo de abdômen e crânio.

A TC de crânio é principalmente indicada para diagnosticar e/ou acompanhar casos de cefaleia, traumas, malformações, tumores, doenças degenerativas e vasculares. Para melhor visualização de algumas estruturas é necessário que se faça o uso de contraste, geralmente à base de iodo não iônico, por apresentar uma menor taxa de toxicidade (Camargo, 2015). O exame de Tomografia Computadorizada de crânio com o uso de contraste é geralmente indicado para avaliar os danos provocados por um acidente vascular isquêmico, causado por bloqueios de placas de gordura ou coágulos reduzindo o fluxo sanguíneo nas artérias cerebrais (Morsch, 2022).

Este exame pode ser realizado administrando o meio de contraste antes do paciente se deitar na mesa, ou pode ser realizado em duas fases, primeira parte sem contraste e posteriormente administrado a substância através da bomba injetora, mantendo a posição do paciente em decúbito dorsal (Camargo, 2015).

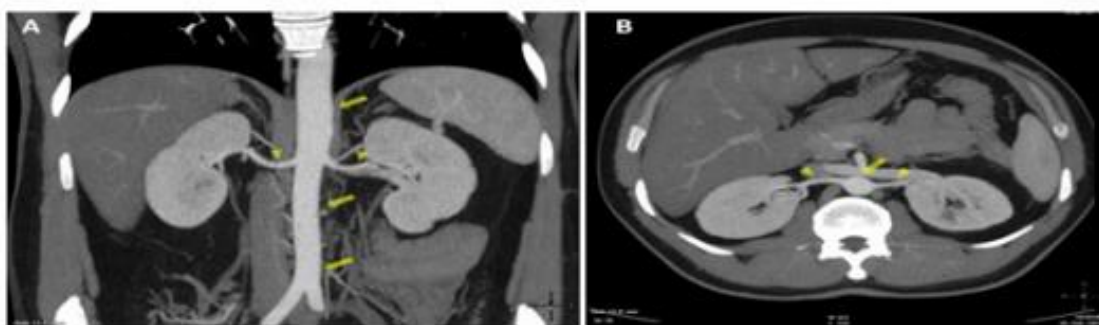
A TC de abdômen total avalia órgãos com rins e fígado e geralmente é indicada em casos de pacientes com sintomas como vômitos, ganho e perda de peso, febre, além de ser capaz de diagnosticar e/ou acompanhar tumores, pedras nos rins, apendicite, entre outras. Como o

abdômen é uma estrutura com baixa densidade e com vários órgãos sobrepostos, se faz necessário o uso de contraste para melhor visualização e diferenciação das estruturas. Geralmente, é utilizado o contraste iodado para a análise de exames do sistema urinário e reprodutor. Já para a análise dos órgãos do aparelho digestivo é utilizado o contraste a base de bário, sendo administrado por via oral (Morsch, 2022).

Também pode ser utilizada a administração do contraste endovenoso na TC de abdômen, pois os vasos sanguíneos se mostram opacos, o que faz com que melhore o contraste da imagem, permitindo a diferenciação de lesões e estruturas normais (Camargo, 2015).

A figura 9 mostra uma TC abdominal utilizando o meio de contraste iodado, sendo possível visualizar os vasos sanguíneos. Na imagem à esquerda o plano coronal, e à direita o plano axial.

Figura 9: Tomografia abdominal com contraste iodado: (A) plano coronal e (B) plano axial, mostrando a aorta abdominal (setas) e as artérias renais (cabeças de setas).

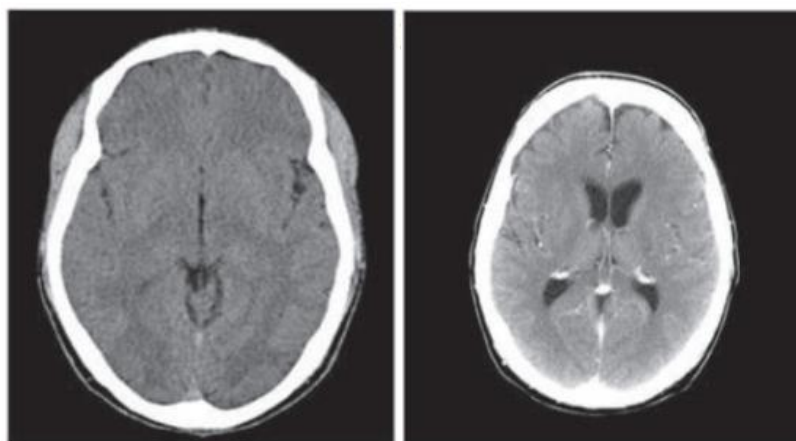


Fonte: (Oliveira, 2023, p.84)

A Tomografia Computadorizada com contraste também possibilita o estudo de órgãos vitais como coração, para identificar doenças cardiovasculares, e dos pulmões no diagnóstico de câncer (Morsch, 2022).

A imagem 10 mostra duas TCs de crânio em plano axial, sem e com contraste. À esquerda, temos a TC sem uso de contraste e a segunda imagem mostra a TC de crânio com uso de contraste preenchendo as artérias cerebrais, permitindo uma melhor visualização dos ventrículos laterais (Camargo, 2015).

Figura 10:TC axial de crânio: sem contraste à esquerda; com contraste à direita



Fonte:(Camargo, 2015, p.124-125)

3.4.6 Reações Adversas

Como qualquer outro medicamento, os contrastes também podem causar alguns efeitos colaterais e reações adversas nos pacientes. Essas reações podem acontecer após o uso do contraste, na primeira ou demais aplicações.

As reações adversas podem ser classificadas quanto ao tempo após a administração do contraste, quanto ao grau de severidade e ao mecanismo fisiopatológico.

- Temporalidade: As reações adversas quanto ao tempo decorrido após o uso de contraste podem ser classificadas em agudas, tardias e muito tardias. As reações agudas, ou imediatas, são as mais comuns e ocorrem ainda no período em que o paciente está na clínica onde o exame é realizado ou em até uma hora do uso do meio de contraste (Dutra, 2022). As reações incluem pressão baixa e urticária grave (Juchem et al, 2004).

Reações que acontecem após uma hora e até dois dias da administração do contraste, são consideradas tardias (Dutra, 2022). As manifestações incluem vômitos, náuseas, dores abdominais e algumas reações de pele, como prurido, urticária, entre outros (Juchem et al, 2004).

Também podem ocorrer reações muito tardias, que ocorrem após uma semana da administração do meio de contraste, incluindo a crise tireotóxica, que é quando ocorre o aumento excessivo dos níveis dos hormônios tireoidianos (Dutra, 2022).

- Grau de severidade: As reações adversas podem ser classificadas, de acordo com o manual de meio de contraste do Colégio Americano de Radiologia, em leves, moderadas ou graves (Dutra, 2022).

- Leves: As reações adversas leves são aquelas em que o paciente permanece em observação, sem a necessidade de uso de medicamentos e sem a progressão dos sintomas por vários dias, sendo elas: urticaria leve, náuseas, prurido, vômitos, tontura (Juchem et al, 2004).
- Moderadas: São aquelas em que geralmente é necessário o uso de medicamentos para alívio e tratamento dos sintomas, para que não se tornam graves (Dutra, 2022). As reações adversas moderadas incluem: cefaleia, náusea contínua com episódios frequentes de vômito, taquicardia, hipo ou hipertensão temporárias (Juchem et al, 2004).
- Graves: Os efeitos colaterais graves são aqueles em que é necessária a hospitalização para acompanhamento do paciente, em que precisam ser tratadas da maneira correta para que não resulte em doenças permanentes ou morte. Estes incluem: convulsão, hipotensão, edema pulmonar e parada cardiorrespiratória (Juchem et al, 2004).

A tabela 2 mostra a escala de Ring e Messmer, que classifica em graus a severidade das reações, independente do processo patológico envolvido.

Tabela 2: Classificação da severidade das reações, adaptada da escala de Ring e Messmer

Grau	Pele	Gastrointestinal	Respiratório	Cardiovascular
I	Prurido Rubor Urticária Angioedema			
II	Prurido Rubor Urticária Angioedema	Náuseas Cólicas	Rinorreia Rouquidão Dispneia	Taquicardia Hipotensão Arritmia
III	Prurido Rubor Urticária Angioedema	Vômitos Diarreia	Edema laríngeo Broncoespasmo Cianose	Choque
IV	Prurido Rubor Urticária Angioedema	Vômitos Diarreia	Parada respiratória	Parada cardíaca

Fonte: Dutra (2022, p.57)

- Fisiopatogenia: Existem basicamente dois tipos:

- Reações de hipersensibilidade ou anafilatóides: apresentam sintomas parecidos com as reações alérgicas, não dependendo das propriedades químicas do meio de contraste. As reações incluem: urticaria, coriza nasal, náusea, tosse (Juchem et al, 2004).

- Reações de não hipersensibilidade ou não anafilactóides: são resultado das propriedades do meio de contraste. Os sintomas incluem: gosto de metal na boca, sudorese, sensação de calor, convulsão, tontura, insuficiência renal (Juchem et al, 2004).

3.4.7 Prevenção e Manejo

A equipe multidisciplinar da clínica ou hospital onde será realizada a Tomografia Computadorizada é responsável pela preparação do paciente para que o exame possa ser feito. Com essa preparação, é importante que a equipe avalie e investigue as possíveis reações adversas e trace estratégias para prevenir que essas reações aconteçam, e caso aconteçam, quais são as medidas a serem tomadas para preservar a saúde do paciente.

A realização de uma anamnese é extremamente importante para pacientes que irão realizar o exame com o uso de contraste, analisando os fatores de risco indicados e esclarecendo as dúvidas dos pacientes (Canosa, 2022). Assim, é possível prevenir o surgimento de reações adversas.

Diversos fatores de risco são analisados no histórico clínico do paciente como asma, diabetes, hipertensão, alergias, hipertireoidismo, disfunção renal, remédios utilizados pelo paciente, aspecto emocional, entre outros para que o contraste escolhido seja o mais seguro para o paciente (Canosa, 2022).

Outro fator importante, é a preparação do paciente quanto ao jejum em exames de TC de abdômen, para evitar vômitos indesejados e a hidratação, para que a função renal seja preservada (Juchem *et al*, 2004).

A temperatura do contraste é uma medida preventiva muito utilizada, pois o aquecimento da substância reduz a viscosidade e aumenta a solubilidade, melhorando a tolerância do paciente ao contraste (Juchem et al, 2004). Além disso, é recomendado que seja utilizado a menor dose de contraste possível para que seja realizado o exame.

Atualmente, as pesquisas indicam que o uso de pré-medicação não é capaz de prevenir ou reduzir todas as reações que podem ocorrer, porém apresenta uma eficácia restrita em pacientes considerados de alto risco (Canosa *et al*, 2022). Alguns serviços de diagnóstico por imagem ainda mantem o uso de pré-medicação e utilizam o esquema sugerido pelo Colégio Americano de Radiologia, que é a combinação de um corticoide, como prednisona, e um anti-histamínico, como loratadina, geralmente administrados 1 hora antes da realização do exame, via oral ou intravenosa.

Por fim, é importante manter uma boa relação entre o corpo clínico e o paciente, informando as possíveis reações adversas e oferecendo o suporte necessário caso ocorram.

3.4.8 Pacientes em condições especiais

Em algumas pessoas a administração do meio de contraste precisa de uma atenção especial, principalmente nos pacientes que apresentam determinadas comorbidades, como alergias, doenças renais, diabetes, entre outras condições especiais.

De acordo com as Diretrizes para o uso de meios de contraste intravenosos, publicado pelo CBR, em pacientes que apresentam insuficiência renal associada a outra condição como diabetes e hipertensão, é necessário que o paciente tenha em mãos um exame recente da dosagem de creatinina a fim de avaliar a saúde dos rins. A partir desse exame é avaliado a necessidade do uso do contraste, e caso seja realmente necessário utilizá-lo, é preciso seguir as diretrizes da ESUR utilizando a menor dose possível de contraste e lembrar o paciente de ingerir bastante água antes e após o procedimento.

Em gestantes, o uso de contrastes não é recomendado, a menos que seja uma indicação clínica extremamente essencial. Caso a paciente esteja amamentando, é recomendado esperar pelo menos 24 horas após a administração do meio de contraste para que ela possa voltar a amamentar (Ueda *et al*, 2022).

Uma outra condição considerada especial para o uso de contraste, são pacientes que apresentam algum tipo de disfunção tireoidiana. Em pessoas propensas a essa patologia, o uso de contraste iodado pode afetar a produção dos hormônios tireoidianos (T3 e T4), desencadeando hipotireoidismo ou hipertireoidismo. Essa condição é considerada rara e pode acontecer meses após a administração do meio de contraste (Ueda *et al*, 2022).

4. METODOLOGIA

Este estudo consiste em uma revisão bibliográfica de caráter descritivo e crítico, com uma perspectiva qualitativa. Seu propósito é reunir, examinar e debater publicações acadêmicas sobre a utilização de meios de contraste em exames de Tomografia Computadorizada, destacando suas características físico-químicas, aplicações na prática clínica, riscos e reações adversas.

A metodologia utilizada é baseada na leitura, avaliação e análise de diversos tipos de textos, como artigos científicos, livros, dissertações e documentos técnicos que tratam da Tomografia Computadorizada e dos meios de contraste utilizados nesse procedimento. As pesquisas bibliográficas foram realizadas por meio das bases de dados Google Scholar, SciELO e PubMed, além da consulta a diretrizes e manuais institucionais elaborados por sociedades científicas renomadas, como o Colégio Brasileiro de Radiologia e Diagnóstico por Imagem (CBR), o American College of Radiology (ACR) e a European Society of Urogenital Radiology (ESUR).

Foram utilizadas as palavras-chave Tomografia Computadorizada, Meios de contraste, Contraste iodado, Reações adversas, Computed Tomography, Contrast media e Adverse reactions, combinando-as em português e inglês, para a finalidade de encontrar estudos relevantes, tanto nacionais quanto internacionais.

O processo de pesquisa resultou na identificação inicial de 34 estudos científicos pertinentes ao assunto em questão. Após uma leitura preliminar, que levou em conta os títulos e resumos, foram eliminados os artigos repetidos e aqueles que não estavam diretamente relacionados ao uso de meios de contraste em exames de Tomografia Computadorizada. Os textos restantes passaram por uma leitura cuidadosa e crítica, sendo descartados aqueles com metodologias pouco definidas, acesso restrito ao conteúdo completo ou que abordavam outros métodos de diagnóstico por imagem. Ao final dessa avaliação, 8 estudos científicos se mostraram adequados aos critérios de inclusão e foram utilizados como referência para a discussão do trabalho.

Posteriormente, foi realizada a leitura analítica e crítica dos textos selecionados, além dos artigos, considerando como critérios de inclusão trabalhos publicados a partir do ano 2000, nos idiomas português e inglês, que abordassem aspectos físicos, químicos e clínicos dos meios de contraste, bem como suas indicações, reações adversas e medidas de segurança. Foram excluídos estudos com acesso restrito ao texto completo e trabalhos que não contribuíam de forma significativa para o desenvolvimento do tema.

O presente trabalho foi fundamentado em 28 referências bibliográficas, incluindo 8 artigos científicos publicados em periódicos, além de livros, manuais técnicos e diretrizes institucionais, que forneceram suporte teórico para a análise descritiva e crítica sobre o uso dos meios de contraste em Tomografia Computadorizada.

5. RESULTADOS E DISCUSSÕES

Ao analisar os 8 estudos científicos escolhidos e livros, foi possível notar padrões sobre a aplicação de contrastes em exames de Tomografia Computadorizada, assim como os maiores ganhos no diagnóstico quando comparado aos riscos ligados a seu uso.

Os trabalhos vistos concordam que a Tomografia Computadorizada é um meio de diagnóstico seguro e eficaz, sobretudo quando ligado ao uso adequado dos meios de contraste, que garantem um aumento na nitidez da imagem e uma melhor definição de lesões, vasos e tecidos. O uso do contraste é essencial para um diagnóstico preciso em vários casos, especialmente em exames do abdômen, crânio e estudos do coração e pulmão (Braga, 2025; Kalra et al., 2019).

Entre os artigos analisados, houve um acordo de que os contrastes iodados não iônicos e com baixa osmolaridade são os mais utilizados, mostrando uma segurança maior quando comparados aos contrastes iônicos com alta osmolaridade, por serem mais bem tolerados pelos pacientes (Camargo, 2015; Dutra, 2022; Juchem et al., 2004). A facilidade em se misturar com água e a menor densidade desses contrastes ajudam na aceitação e diminuem as reações adversas.

Considerando as reações adversas, os artigos mostram que a maioria das reações ao uso dos meios de contraste na TC são leves ou moderadas, sendo as graves consideradas raras. Reações como náuseas, prurido e cefaleia são comuns, enquanto as graves, como edema pulmonar e parada cardiorrespiratória, são raras e podem ser mais graves quando acontecem em pacientes com condições especiais (Dutra, 2022; Kalra et al., 2019).

A anamnese individualizada se torna crucial a fim de diminuir os riscos. Os artigos reforçam que identificar os fatores de risco como alergias, asma e diabetes é essencial para identificar qual o meio de contraste mais seguro. Avaliar bem o paciente reduz significativamente as chances de possíveis reações adversas (Juchem et al., 2004; CBR, 2022). Outro ponto recorrente nos estudos diz respeito à otimização dos protocolos de aquisição, que permitiu a redução tanto da dose de radiação quanto do volume de contraste administrado, sem prejuízo da qualidade da imagem. Ajustes nos parâmetros técnicos do tomógrafo, associados ao cálculo individualizado da dose de contraste, representam avanços importantes para a segurança do paciente (Kalra et al., 2019; Caruso, 2025).

Dessa forma, os resultados obtidos a partir da literatura analisada demonstram que, embora existam riscos ao uso dos meios de contraste em Tomografia Computadorizada, os benefícios

diagnósticos superam os possíveis efeitos adversos quando há indicação clínica adequada, preparo correto do paciente e atuação conjunta da equipe multidisciplinar.

6. CONSIDERAÇÕES FINAIS

A análise da literatura permitiu compreender que os meios contrastes são cruciais na Tomografia Computadorizada, pois melhoram a diferenciação entre tecidos, proporcionando um diagnóstico mais preciso (Kalra et al., 2019; Braga, 2025).

Os resultados mostram que o uso de contrastes não iônicos e de baixa osmolaridade reduziu significativamente a quantidade de efeitos adversos, tornando esses agentes mais seguros ao paciente (Juchem et al., 2004; Camargo, 2015; Dutra, 2022).

Outro ponto importante nos estudos é a necessidade de realizar a anamnese individualizada. Realizar uma entrevista detalhada, identificando fatores de risco como alergias, problemas renais e outras doenças, junto com o preparo certo do paciente e a escolha cuidadosa do meio contraste, é muito importante para diminuir os riscos e garantir a segurança do exame (CBR, 2022).

Assim, chegamos à conclusão de que utilizar os meios de contraste com cuidado e de forma correta na Tomografia Computadorizada diminui os riscos ligados ao seu uso e contribui significativamente para a eficácia dos diagnósticos por imagem. O papel do físico médico nesse ambiente é essencial, garantindo o controle de qualidade dos equipamentos, ajustando as doses de radiação proporcionando a proteção radiológica do paciente.

Por fim, é importante lembrar que continuar pesquisando sobre os meios de contraste é fundamental para tornar esses agentes mais seguros e eficientes, acompanhando a tecnologia da Tomografia Computadorizada e as demandas na prática clínica.

REFERÊNCIAS

1. AMERICAN COLLEGE OF RADIOLOGY. **ACR manual on contrast media** [recurso eletrônico]. Reston, 2020. Disponível em: https://www.acr.org/-/media/ACR/Files/Clinical-Resources/Contrast_Media.pdf. Acesso em: 6 abr. 2025.
2. BRAGA, Thiago. **PELA SEGURANÇA DO PACIENTE - Colégio Brasileiro de Radiologia e Diagnóstico por Imagem (CBR) esclarece resultados de artigo científico e reafirma segurança das tomografias computadorizadas**. Colégio Brasileiro de Radiologia e Diagnóstico por Imagem, 24 abr. 2025. Disponível em: <https://cbr.org.br/cbr-reafirma-seguranca-das-tomografias-computadorizadas/>. Acesso em: 6 ago. 2025.
3. BEILU PHARMA. **Iohexol Injection**. Disponível em: <https://pt.beilupharma.com/products/iohexol-injection.html>. Acesso em: 21 ago. 2025.
4. BUSHBERG, J. T.; SEIBERT, J. A.; LEIDHOLDT, E. M.; BOONE, J. M. **The Essential Physics of Medical Imaging**. 3. ed. Philadelphia: Lippincott Williams & Wilkins, 2012.
5. BUSHONG, Stewart C. **Ciência radiológica para tecnólogos: física, biologia e proteção; [tradução Sandro Martins Dolghi et al.]**. Rio de Janeiro: Elsevier, 2012.
6. CAMARGO, Renato. **Administração de meios de contrastes - rotinas e técnicas para a realização de exames**. Rio de Janeiro: Grupo GEN, 2015. E-book. ISBN 9788536530895. Disponível em: <https://integrada.minhabiblioteca.com.br/#/books/9788536530895/>. Acesso em: 18 set. 2024.
7. CARUSO, Damiano. **Innovation and optimization of contrast media administration in computed tomography**. *Korean Journal of Radiology*, [S.l.], v. 26, n. 3, p. 210–212, 2025. Disponível em: <https://doi.org/10.3348/kjr.2024.1159>. Acesso em: 7 ago. 2025.
8. COLÉGIO BRASILEIRO DE RADIOLOGIA. **Bases físicas e tecnológicas em diagnóstico por imagem** [recurso eletrônico]. São Paulo: CBR, 2022. Disponível em: https://cbr.org.br/wp-content/uploads/2023/03/BASES-FISICAS-E-TECNOLOGICAS_CPR_CBR_2022_VERSA_O_CURSO_FM-1.pdf. Acesso em: 5 jul. 2025.
9. COLÉGIO BRASILEIRO DE RADIOLOGIA E DIAGNÓSTICO POR IMAGEM. **Diretrizes para o uso de meios de contraste intravenosos** [recurso eletrônico]. São Paulo: CBR, 2024. Disponível em: <https://cbr.org.br/wp-content/uploads/2024/01/Diretrizes-para-o-uso-de-meios-de-contrastess-intravenosos.pdf>. Acesso em: 23 mai. 2025.
10. COSTA, Celina. **Tomografia Computadorizada - Introdução** [recurso eletrônico]. Disponível em: <https://pt.slideshare.net/slideshow/tomografia-computadorizada-introducao/53502322>. Acesso em: 6 dez. 2024.
11. DANCE, D. R.; CHRISTOFIDES, S.; MAIDMENT, A. D. A.; McLEAN, I. D.; NG, K. H. (editores técnicos). **Diagnostic Radiology Physics: A Handbook for Teachers and Students** [recurso eletrônico]. Viena: International Atomic Energy Agency, 2014. Disponível em: <https://www-pub.iaea.org/MTCD/Publications/PDF/Pub1564webNew-74666420.pdf>. Acesso em: 1 ago. 2025.

12. DIAS, E. H. V.; CARVALHO, E. B. de; PEREIRA, D. de S. **Princípios básicos e aplicações oncológicas da PET-CT/18F-FDG**. Revista de Medicina, [S. l.], v. 99, n. 2, p. 156-163, 2020. DOI: 10.11606/issn.1679-9836.v99i2p156-163. Disponível em: <https://www.revistas.usp.br/revistadc/article/view/165019>. Acesso em: 8 mai. 2025.
13. DUTRA, Bruna Garbugio; BAUAB JR., Tufik. **Meios de Contraste: Conceitos e Diretrizes**. 1. ed. São Caetano do Sul, SP: Difusão Editora, 2020. ISBN 978-85-7808-505-6. DOI: <http://dx.doi.org/10.46664/meios-de-contraste>. Disponível em: *Scribd
14. HENWOOD, Suzanne. **Técnicas e Prática na Tomografia Computadorizada Clínica**. Rio de Janeiro: Guanabara Koogan, 2003. *E-book*. p.5. ISBN 978-85-277-2324-4. Disponível em: <https://integrada.minhabiblioteca.com.br/reader/books/978-85-277-2324-4/>. Acesso em: 07 ago. 2025.
15. HUDA, W. **Review of Radiologic Physics**. 4. ed. Philadelphia: Wolters Kluwer Health/Lippincott Williams & Wilkins, 2017.
16. JUCHEM, Beatriz Cavalcanti *et al.* **Contraste iodado em tomografia computadorizada: prevenção de reações adversas**. Revista Brasileira de Enfermagem, Brasília, v. 57, n. 1, p. 57–61, jan./fev. 2004. Disponível em: <https://www.scielo.br/j/reben/a/9yRv5VjQf9LFBHLPvQPsjjK/?lang=pt&format=pdf>. Acesso em: 29 nov. 2024.
17. KALRA, Mannudeep K. *et al.* **Contrast administration in CT: a patient-centric approach**. *Journal of the American College of Radiology*, [S.l.], v. 16, n. 3, p. 295–301, mar. 2019.
18. MARTÍN, Cláudia Matsunaga *et al.* **Meios de contraste iodado: propriedades físico-químicas e reações adversas**. Revista Acadêmica Ciência Animal, v. 12, n. 3, p. 215-225, 2014. Tradução. Disponível em: <https://periodicos.pucpr.br/cienciaanimal/article/view/14826/14346>. Acesso em: 7 ago. 2025.
19. MOURÃO, Arnaldo Prata. **Tomografia computadorizada [livro eletrônico]: tecnologias e aplicações**. 2. ed. São Caetano do Sul, SP: Difusão Editora, 2017.
20. OLIVEIRA, Cássio Miri *et al.* **Introdução aos agentes de contraste em radiologia médica**. São Paulo: Setor de Publicações – Centro Universitário São Camilo, 2023.
21. PONTES, Alexandre Pires. **Tomografia Computadorizada de Raios X**. 2006. Capítulo 3 da dissertação (Mestrado em Engenharia Elétrica) – Pontifícia Universidade Católica do Rio de Janeiro. Disponível em: https://www2.dbd.puc-rio.br/pergamum/tesesabertas/0124944_04_cap_03.pdf. Acesso em: 22 fev. 2025.
22. POSSES, Flávio Pereira. **Tomografia computadorizada: o que é e para que serve**. Star Med, [s.d.]. Disponível em: <https://www.star.med.br/tomografia-computadorizada-o-que-e-e-para-que-serve/>. Acesso em: 3 mar. 2025.
23. RING, J.; BEHRENDT, H. **Anaphylaxis and anaphylactoid reactions: classification and pathophysiology**. *Clinical Reviews in Allergy & Immunology*, v. 17, n. 4, p. 387–399, 1999.
24. RING, J.; MESSMER, K. **Incidence and severity of anaphylactoid reactions to colloid volume substitutes**. *The Lancet*, v. 309, n. 8009, p. 466–469, 1977.
25. SECRETARIA DE ESTADO DA SAÚDE DE SÃO PAULO. **PROTOCOLOS DE REGULAÇÃO DO ACESSO – Exames de Ressonância Magnética (RM)** [recurso eletrônico]. São Paulo: SES-SP, ago. 2024. Disponível em: https://www.saude.sp.gov.br/resources/ses/perfil/gestor/homepage/protocolos_de_acesso_gr_sessp_-_exames_rm_2_versao_atualizada_ago-2024.pdf. Acesso em: 6 ago. 2025.

26. SOCIEDADE PAULISTA DE RADIOLOGIA. **Meios de contraste completo** [recurso eletrônico]. São Paulo: SPR, [s.d.]. Disponível em: <https://manual.spr.org.br/meios-de-contraste-completo.pdf>. Acesso em: 29 nov. 2024.
27. UTFPR – UNIVERSIDADE TECNOLÓGICA FEDERAL DO PARANÁ. **TOMO_AULA_02_Física** [recurso eletrônico]. UTFPR, 2024. Disponível em: https://hpc.ct.utfpr.edu.br/~charlie/docs/TOMO/TOMO_AULA_02_Fisica.pdf. Acesso em: 7 dez. 2024.
28. VAJUHUDEEN Z, BELL D, MURPHY A. **K-absorption edge. Reference article.** Radiopaedia.org Acesso em: 15 ago. 2025. Disponível em: <https://doi.org/10.53347/rID-79625>