

UNIVERSIDADE ESTADUAL PAULISTA - UNESP

CÂMPUS DE JABOTICABAL

**TOMOGRAFIA COMPUTADORIZADA NA AVALIAÇÃO DA
ADIPOSIDADE EM CÃES**

Franciele de Cássia Siqueira Balbino

Médica Veterinária

2024

UNIVERSIDADE ESTADUAL PAULISTA - UNESP

CÂMPUS DE JABOTICABAL

**TOMOGRAFIA COMPUTADORIZADA NA AVALIAÇÃO DA
ADIPOSIDADE EM CÃES**

Discente: Franciele de Cássia Siqueira Balbino

Orientadora: Prof^a. Dra. Lizandra Amoroso

**Dissertação apresentada à Faculdade de
Ciências Agrárias e Veterinárias – UNESP,
Câmpus de Jaboticabal, como parte das
exigências para a obtenção do título de Mestre
em Ciências Veterinárias**

2024

B172t Balbino, Franciele de Cássia Siqueira
Tomografia computadorizada na avaliação da adiposidade
em cães / Franciele de Cássia Siqueira Balbino. -- Jaboticabal,
2024
57 f. : il., tabs., fotos

Dissertação (mestrado) - Universidade Estadual Paulista
(UNESP), Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias,
Jaboticabal
Orientadora: Lizandra Amoroso

1. Tomografia. 2. Obesidade. 3. Adiposidade corporal. 4.
Cães. I. Título.

IMPACTO POTENCIAL DESSA PESQUISA

Os resultados desta pesquisa contribuem para melhor compreensão da compartimentalização do tecido adiposo, além de demonstrar o uso da tomografia computadorizada como ferramenta de avaliação e acompanhamento da obesidade em cães. O estudo da regionalidade do tecido adiposo poderá contribuir com o diagnóstico preciso e com estratégias terapêuticas personalizadas que envolvem diferentes áreas como nutrição, manejo e prevenção de enfermidades metabólicas e endócrinas. Desta forma, o conhecimento sobre a influência sítio-específica do tecido adiposo, poderá, a médio e longo prazo, favorecer a manutenção da vida saudável e longevidade dos animais de companhia.

POTENTIAL IMPACT OF THIS RESEARCH

The results of this research contribute to a better understanding of the compartmentalization of adipose tissue, as well as demonstrating the use of computed tomography as a tool for evaluating and monitoring obesity in dogs. The study of adipose tissue regionality may aid in accurate diagnosis and in developing personalized therapeutic strategies that encompass various areas, such as nutrition, management, and the prevention of metabolic and endocrine diseases. Thus, knowledge about the site-specific influence of adipose tissue may, in the medium and long term, support the maintenance of a healthy life and longevity in companion animals.



UNIVERSIDADE ESTADUAL PAULISTA

Campus de Jaboticabal



CERTIFICADO DE APROVAÇÃO

TÍTULO DA DISSERTAÇÃO: TOMOGRAFIA COMPUTADORIZADA NA AVALIAÇÃO DA ADIPOSIDADE EM CÃES

AUTORA: FRANCIELE DE CÁSSIA SIQUEIRA BALRINO
ORIENTADORA: LIZANDRA AMOROSO

Aprovada como parte das exigências para obtenção do Título de Mestre em Ciências Veterinárias, área: Saúde Animal pela Comissão Examinadora;

Profa. Dra. LIZANDRA AMOROSO (Participação Presencial)
Departamento de Morfologia e Fisiologia Animal / FCAV UNESP Jaboticabal

[illegible]

Prof. Dr. ANTONIO CARLOS CUNHA LACRETA JUNIOR (Participação Presencial)
Departamento de Medicina Veterinária / Universidade Federal de Lavras (UFLA) - Lavras/MG

Prof. Dr. MARCUS ANTÔNIO ROSSI FELICIANO (Participação Presencial)
Departamento de Medicina Veterinária / FZEA USP Piraúngua/SP



ANTONIO CARLOS LIMA LAMARCA JUNIOR
Rua: 1315, 204 - Lapa, 21-610
http://www.abc.lamarca.com.br

Marcus Antonius Pius Felix

Jaboticabal, 05 de agosto de 2024

DADOS CURRICULARES DA AUTORA

Franciele de Cássia Siqueira Balbino, filha de Milton de Magalhaes Balbino e Maria de Fatima Siqueira Balbino, nasceu em 22 de maio de 1992, na cidade de Santa Rita do Sapucaí – Minas Gerais. Graduiu-se em Medicina Veterinária, pelo Centro Universitário de Itajubá em fevereiro de 2018, no município de Itajubá – MG.

Voe alto e seja leve.

Dedico este trabalho a NKinsi Matamba. Kiua!

AGRADECIMENTOS

Agradeço, primeiramente a espiritualidade por ser o amparo que sempre necessitei ao longo de todo período. Aos meus familiares que me apoiaram com tanto carinho a seguir esse sonho, no qual por muitas vezes vocês não compreendiam o porquê de tanto, mas mesmo assim, não deixaram de me apoiar.

Não há palavras suficientes para agradecer e expressar meu carinho e admiração à minha orientadora Prof^a. Dra. Lizandra Amoroso que sempre demonstrou um ser excepcional como pessoa e profissional, que abriu mão de momentos com a família e de suas ocupações para me orientar e principalmente por ter acreditado em mim em momentos que nem eu acreditei. Obrigada por confiar no meu potencial, no meu trabalho, e por acreditar em nossa pesquisa, seja neste trabalho, como nos projetos futuros. Professora sem todo seu carinho, apoio, confiança e dedicação nada disso seria e será possível.

Agradeço, em especial, aos médicos veterinários Acacio e Maristela vocês são os melhores mentores, amigos e colegas de profissão que eu poderia ter, gosto de brincar com ambos que foram meus pais na profissão e não poderia ser menos verdade, vocês foram e são essenciais ao longo de todo meu desenvolvimento profissional e pessoal. Vocês foram peças essenciais para que esta pesquisa acontecesse. Muitíssimo obrigada.

Agradeço aos meus padrinhos que estiveram tão presentes nesse período tão decisivo e aos amigos que me apoiaram e torceram por mim.

Agradeço ao All Vets Hospital Animal por abrir as portas para realização desta pesquisa e a todos seus colaboradores por todo auxílio que recebi ao longo deste período.

Agradeço ao apoio concedido pelo Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico – CNPQ.

Agradeço a UNESP, todos seus docentes e colaboradores.

Agradeço ao meu querido laboratório Morpholab e a todos seus integrantes, pois os dias na universidade não seriam tão incríveis sem vocês.

E por fim, agradeço a cada cão que participou deste projeto – vocês são seres de luz que trouxeram conhecimento e contribuíram para a ciência.

SUMÁRIO

CERTIFICADO DO COMITE DE ÉTICA.....	xi
RESUMO	xii
ABSTRACT	xiii
LISTA DE ABREVIATURAS	xiv
LISTA DE FIGURAS	xv
LISTA DE TABELAS	xvi
1.INTRODUÇÃO	1
2. REVISÃO DE LITERATURA.....	3
2.1. Tecido Adiposo	3
2.2. Compartimentalização do tecido adiposo	6
2.2. 1. Tecido adiposo subcutâneo (TAS)	6
2.1. 2. Tecido adiposo visceral (TAV).....	7
2.2.Tecido adiposo como órgão endócrino	8
3. Avaliação da obesidade.....	9
3.1 Escore de condição corporal (ECC)	9
3.2 Tomografia Computadorizada (CT).....	9
3.3 Avaliação do tecido adiposo pela tomografia.....	15
MATERIAIS E METODOS	18
RESULTADOS.....	22
DISCUSSÃO	27
CONCLUSÃO	29
CONSIDERAÇÕES FINAIS.....	30
CONFLITOS DE INTERESSE.....	31
AGRADECIMENTOS.....	32
REFERÊNCIAS	33
APÊNDICE	39

CERTIFICADO DO COMITE DE ÉTICA

UNIVERSIDADE ESTADUAL PAULISTA
"JÚLIO DE MESQUITA FILHO"
Câmpus de Jaboticabal

**CEUA – COMISSÃO DE ÉTICA NO USO DE ANIMAIS****CERTIFICADO**

A COMISSÃO DE ÉTICA NO USO DE ANIMAIS (CEUA), em reunião ordinária de 08 de julho de 2022, **referendou** o Protocolo nº 3934/2022, do projeto de intitulado **"Tomografia computadorizada na avaliação de gordura corporal e biomarcadores da obesidade canina"**, sob a responsabilidade da Profª Drª Lizandra Amoroso, manifestando-se favoravelmente, de acordo com os Princípios Éticos na Experimentação Animal adotado pelo Conselho Nacional de Controle de Experimentação Animal (CONCEA).

Jaboticabal, 08 de julho de 2022.


Profª Drª Fabiana Pilarski
Coordenadora – CEUA

TOMOGRAFIA COMPUTADORIZADA NA AVALIAÇÃO DA ADIPOSIDADE EM CÃES

RESUMO – Este presente estudo teve como objetivo investigar a eficácia da utilização da tomografia computadorizada (CT) na avaliação quantitativa da adiposidade canina, com foco na avaliação da deposição de gordura subcutânea e visceral. Foram avaliados 54 cães, divididos em obesos e não obesos, submetidos a exames de sangue e de CT. Os resultados demonstraram forte correlação entre as medidas de gordura subcutânea em diferentes vértebras lombares, destacando a L4 como a mais significativa. A análise de componentes principais mostrou que a primeira componente explica a maior parte da variabilidade dos dados, com a L4 sendo a mais relevante. A análise de regressão indicou que o peso foi o único fator significativo na gordura visceral e subcutânea absoluta e relativa em cães de pequeno porte, enquanto em cães de grande porte, nenhum fator foi significativo. Não houve variação significativa ($p>0,05$) entre os sexos na gordura visceral, porém, machos de grande porte apresentaram maior deposição de gordura subcutânea em comparação com as fêmeas. A idade foi um fator significativo apenas em cães de grande porte para a gordura subcutânea. Conclui-se que a CT é ferramenta útil na avaliação e no acompanhamento da obesidade em cães, permitindo diagnóstico preciso. Também evidencia a distribuição do tecido adiposo, considerando que a sua compartimentalização influencia no metabolismo e nos resultados de saúde dos cães.

Palavras-chave: cães, gordura subcutânea, gordura visceral, imaginologia veterinária e obesidade canina.

COMPUTED TOMOGRAPHY IN THE ASSESSMENT OF ADIPOSITY IN DOGS

ABSTRACT - This study aimed to investigate the efficacy of using computed tomography (CT) in the quantitative assessment of canine adiposity, focusing on the evaluation of subcutaneous and visceral fat deposition. Fifty-four dogs, divided into obese and non-obese groups, were evaluated through blood tests and CT scans. The results showed a strong correlation between subcutaneous fat measurements at different lumbar vertebrae, highlighting L4 as the most significant. Principal component analysis revealed that the first component explains most of the data variability, with L4 being the most relevant. Regression analysis indicated that weight was the only significant factor for both absolute and relative subcutaneous and visceral fat in small dogs, while no significant factors were found for large dogs. There was no significant variation ($p>0.05$) between sexes in visceral fat; however, large male dogs showed greater subcutaneous fat deposition compared to females. Age was a significant factor only in large dogs for subcutaneous fat. It is concluded that CT is a useful tool in the assessment and monitoring of obesity in dogs, allowing for precise diagnosis. It also highlights the distribution of adipose tissue, considering that its compartmentalization influences metabolism and health outcomes in dogs.

KEYWORDS: dogs, subcutaneous fat, visceral fat, veterinary imaging, canine obesity.

LISTA DE ABREVIATURAS

AD - Conversor analógico-digital

AMO - Adipócitos de medula óssea

AMPK - Adenina Monofosfato quinase

APCs - Células progenitoras de adipócitos

ATP - Trifosfato de adenosina

CT – Tomografia computadorizada

DXA – Aparelho de densitometria óssea por dupla emissão de raios- X

ECC - Escore de condição corporal

FFAs - Ácidos graxos livres

IMC - Índice de massa corpórea

SNC - Sistema Nervoso Central

TAB – Tecido adiposo branco

TAM – Tecido adiposo marrom

TAS – Tecido adiposo subcutâneo

TAV – Tecido adiposo visceral

TGs - Triglicerídeos

TIMP - Inibidor tecidual de metaloproteinases

TNF - Fator de necrose tumoral

UCP1 - *Uncoupling Protein-1*

UH - Unidades Hounsfield

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 - Microscopia eletrônica de varredura do tecido adiposo branco e tecido adiposo marrom;

Figura 2 – Resumo da formação da Imagem na CT;

Figura 3 – Paciente em decúbito esternal-dorsal;

Figura 4 – Paciente em decúbito dorsal;

Figura 5. Seção transversal da região lombar de um cão na altura de L4.

Figura 6. Mensuração de gordura subcutânea (área em verde) de corte axial em vértebra lombar (L6) de um cão;

Figura 7 – Representação de avaliação da gordura visceral (áreas em verde) em corte axial de vértebra lombar L5 de um cão;

Figura 8: Seção transversal da região lombar de um cão na altura de L4.

LISTA DE TABELAS

Tabela 1. Medidas das unidades Hounsfield de diversas substancias

Tabela 2. com dados dos cães: raça, peso corporal, valores absolutos de gordura subcutânea e visceral das diferentes regiões (L3, L4, L5 e L6)

Tabela 3. Matriz de correlações da gordura visceral e subcutânea relativa e absoluta da região lombar de cães

Tabela 4. Pesos – importância das variáveis

Tabela 5. Regressão dos efeitos de cada fator

1.INTRODUÇÃO

A obesidade é uma enfermidade crônica e inflamatória multifatorial, na qual há desbalanço entre consumo e gasto energético, resultando na deposição exacerbada de tecido adiposo no organismo. Esta condição pode estar associada à ocorrência de comorbidades metabólicas, cardiovasculares e ortopédicas (JERICÓ, 2017; CHANDLER, 2017). Como problema de saúde pública mundial em cães e gatos (CLARK e HOENIG, 2016), ela traz preocupações aos tutores e médicos veterinários devido seu aumento exponencial (ZORAN, 2010; THENGCHAI SRI et al., 2014; MULLER et al., 2014).

Estima-se que a obesidade aumentará 40% em até uma década (GOMES e ACCARDO, 2019), devido às mudanças no estilo de vida de tutores que se originaram e agravaram da crise decorrente da pandemia mundial do Covid-19 (MONTEIRO, 2020). Esse crescente avanço da epidemia da obesidade demonstra que estudos anteriores ainda não são suficientes para compreender e combater o seu crescimento (RAPOSO, 2020) o que demonstra que mais estudos são necessários.

Face à antropomorfização dos animais de companhia, os tutores e seus animais compartilham o estilo de vida e meio ambiente, o que ocasiona alteração do seu modo de vida (CHANDLER, 2017) contribuindo na predisposição à obesidade.

Segundo Zoran (2010) os cães saudáveis podem apresentar aumento de 2,5 anos em média de vida, a mais que pacientes com algum grau de obesidade instalado, além da diminuição no aparecimento de doenças crônicas como a diabetes ou doença renal.

Portanto, o conhecimento sobre o comportamento fisiopatológico, prevenção e diagnóstico se fazem necessário para podermos desenvolver medidas a fim de evitar e tratar tal patologia.

A gordura corporal total pode ser mensurada com acurácia e precisão, no software de pequenos animais associado ao equipamento de densitômetro por dupla emissão de raios- X (DXA). Entretanto, o resultado do DXA varia de acordo com o estado de hidratação (KIM et al., 2018), o que faz com que a CT seja uma alternativa viável devido não possuir tal oscilação na avaliação e resultado, à facilidade de acesso ao equipamento (SOUZA et al., 2012; JANG et al., 2022), permitir diferenciação

tecidual (NAGAO, 2019) e ser considerada minimamente invasiva (THENGCHAI SRI et al. 2014).

Segundo Nagao et al. (2019), a CT representa “padrão-ouro” para avaliação do TAV permitindo sua diferenciação e ainda o estudo da compartimentalização da gordura e seu comportamento de deposição, sendo que esta avaliação não é possível realizar em outros métodos.

A avaliação da obesidade e a deposição em gordura subcutânea (TAS) pode ser determinada de forma acessível com avaliação do peso, escore de condição corporal conjuntamente com a mensuração dimensional (circunferência corporal), no entanto, a gordura visceral (TAV) não pode ser estimada por tais métodos.

Quanto à localização, o tecido adiposo visceral refere-se à gordura localizada em torno dos órgãos, sendo o principal responsável por diversos danos aos parâmetros metabólicos e hemodinâmicos (IBRAHIM, 2009), devido ao fato de secretar maior quantidade de citocinas inflamatórias, quando comparado ao tecido adiposo subcutâneo (TAS) (LEAL, 2017) localizado próximo ao músculo subcutâneo profundo à hipoderme.

Este presente estudo possuiu o objetivo determinar a eficácia da tomografia computadorizada na avaliação quantitativa da adiposidade canina, com foco na avaliação da deposição de gordura subcutânea e visceral.

2. REVISÃO DE LITERATURA

2.1. Tecido Adiposo

O tecido adiposo (SILVEIRA et al., 2009) considerado anteriormente como armazenador de gordura, passou a ser classificado como órgão endócrino a partir da clonagem da leptina em 1994 (RAPOSO, 2020). Portanto, atua diretamente em diversas estruturas, induzindo ações como adipogênese, metabolização de hormônios esteroides, entre outras (PINTO, 2014). Além disso, pode ser classificado de acordo com função, estrutura, localização, coloração e vascularização (LEAL, 2017).

É composto, além dos adipócitos, por pré adipócitos, células tronco mesenquimais, células endoteliais, *pericytes*, macrófagos e células nervosas. As células progenitoras de adipócitos (APCs) residem na fração estromal vascular do tecido adiposo, onde se diferenciam em adipócitos maduros em resposta a estímulos externos (DEUTSCH et. Al. 2020). A presença de células-tronco e pré-adipócitos são importantes para a expansão do tecido adiposo que ocorre nos quadros de obesidade, pois essas células são recrutadas quando os adipócitos existentes atingem nível crítico de hipertrofia resultando no quadro de hiperplasia (PINTO, 2014).

A expansão do tecido adiposo pode ocorrer através da hipertrofia, um aumento no tamanho dos adipócitos ou na hiperplasia, um aumento no número de adipócitos (RAPOSO, 2020; DEUTSCH et. al. 2020). O crescimento hiperplásico alcançado por meio da diferenciação de APCs em um processo conhecido como adipogênese, é central para a função homeostática do tecido adiposo (DEUTSCH et. al. 2020).

Considerado, ainda, um órgão de multidepósito, que se encontram divididos em dois compartimentos: abaixo da pele (subcutâneo) e próximo às vísceras (visceral). Ele também pode ser classificado conforme suas características morfológicas e funcionais (RAPOSO, 2020). Os dois tipos principais são o tecido adiposo marrom (TAM) e o tecido adiposo branco (TAB) (Figura 1) (ZORAN, 2010), mas pode-se citar, ainda, o tecido adiposo rosa e o tecido adiposo de medula óssea (RAPOSO, 2020).

O tecido adiposo marrom (Figura 1) é comumente encontrado em recém-nascidos, no entanto, em 2009 foi descoberto que o TAM é observado em humanos adultos em regiões do pescoço e tórax e que sua quantidade é inversamente relacionada ao índice de massa corpórea (IMC) e à idade. Ele é ativado quando o paciente é exposto ao frio (CYPESS et al, 2009) e sua principal função é a de termogênese, promovendo a dissipação de energia química na forma de calor em

resposta ao frio ou excesso de alimento. Além disso, é caracterizado pela alta expressão de UCP1 (*Uncoupling Protein-1*), que é a proteína de membrana interna da mitocôndria responsável pelo transporte de prótons, promovendo a dissipação de gradiente eletroquímico que participa diretamente na síntese de ATP (Trifosfato de adenosina). Portanto, devido a isso, e à sua alta capacidade oxidativa, o TAM pode causar aumento da taxa metabólica basal, podendo reduzir o quadro de obesidade (ZORAN, 2010.; RAPOSO, 2020).

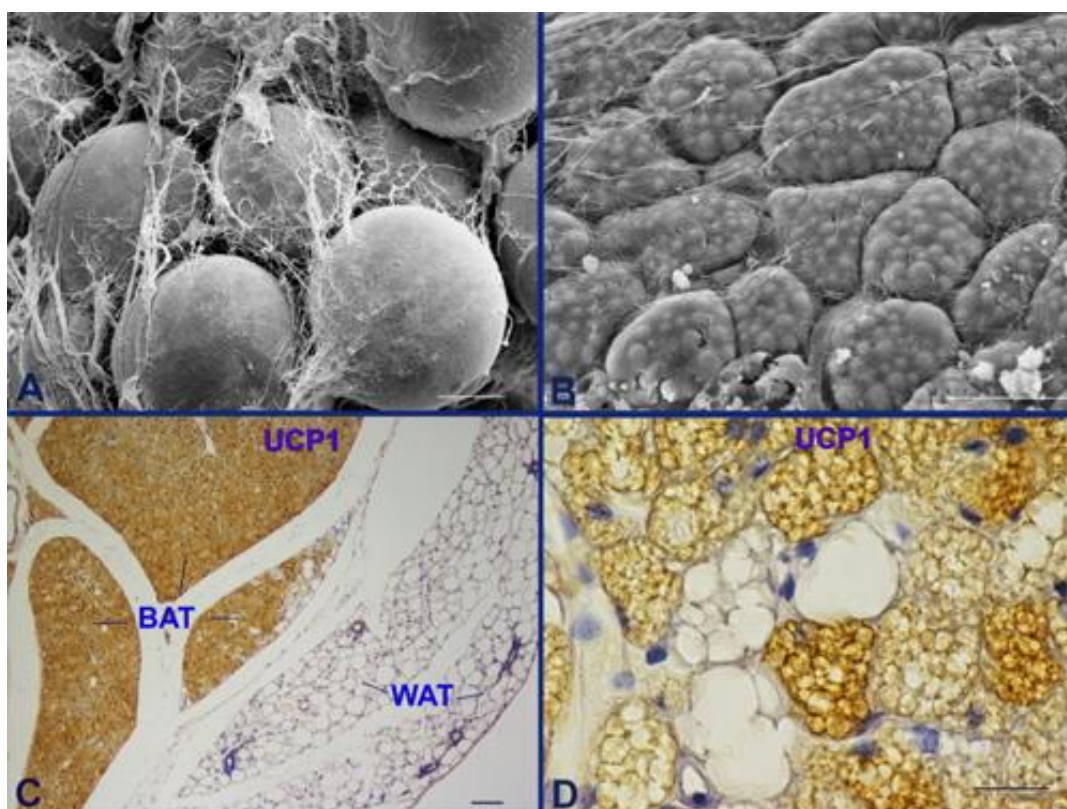


Figura 1. Microscopia eletrônica de varredura do tecido adiposo branco (A) e tecido adiposo marrom (B). C: a histologia e a imuno-histoquímica mostrando a imunocoloração IJCP1 específica do tecido adiposo marrom interescapular. D: Detalhe de tecido adiposo marrom interescapular mostrando formas de transição branco marrom. WAT: tecido adiposo branco. BAT: tecido adiposo marrom. Adaptado de: Cinti S. "The Adipose Organ" Kurds, Milan 1999.

Morfologicamente, o tecido adiposo marrom possui adipócitos que apresentam múltiplas gotículas lipídicas, alta densidade de mitocôndrias e são de menor tamanho quando comparado ao tecido adiposo branco. Este último possuiu uma única gotícula lipídica que ocupa a maior parte de seu volume comprimindo seu núcleo e organelas na periferia celular. A função do TAB é armazenar lipídeos em forma de triglicerídeos,

agir como protetor contra choque mecânicos e ser o maior reservatório energético do organismo (ZORAN, 2010.; RAPOSO, 2020). Ele compõe-se de 35% a 75% de adipócitos e o restante de estroma vascular, células endoteliais e sanguíneas, fibroblastos, macrófagos e pré-adipócitos. Funcionalmente, é responsável pela síntese, captação, estratificação, armazenamento e liberação de ácidos graxos (PINTO, 2014).

Portanto, o tecido adiposo branco está diretamente associado ao quadro de obesidade, enquanto o tecido adiposo marrom está associado ao aumento de taxa metabólica devido à alta capacidade oxidativa, podendo, assim, reduzir a obesidade. (PINTO, 2014; RAPOSO, 2020).

O tecido adiposo rosa recebe esse nome devido à coloração rosada da glândula mamária durante a gestação, no qual estruturas lobulares (alvéolos) se desenvolvem à medida que o tecido adiposo regride. Ao final da lactação, os alvéolos desaparecem por completo, enquanto o tecido adiposo se manifesta novamente. Por conta desse movimento, acredita-se que ocorre transferência de lipídios dos adipócitos para as células alveolares, que secretam gordura como parte do leite. Por este motivo, pressupõe-se que essa transferência seja suficiente para reduzir o tamanho do adipócito, causando a falsa impressão de ausência do mesmo (RAPOSO, 2020).

Os adipócitos de medula óssea (AMO) possuem como principal função a metabólica, no qual são alvos de moléculas endócrinas como insulina, hormônio do crescimento e hormônios da tireoide. Primeiramente, acreditava-se que eles eram responsáveis apenas por preencher a fossa da medula óssea quando a massa óssea estava reduzida ou com a hematopoiese comprometida. No entanto, estudos levantaram hipóteses sobre o seu uso em preenchimentos e suas funções comuns a outros adipócitos como armazenamento de triacilglicerol, reserva local de energia para situações no qual a hematopoiese estaria prejudicada como a osteogênese (fraturas), e ainda como células de suporte na maturação de linhagens de células sanguíneas ou formações ósseas (RAPOSO, 2020).

Além disso, contribui para o aumento da adiponectina sérica na restrição calórica, indicando que é a principal fonte de adiponectina circulante nos casos de magreza. Em características morfológicas, ele se apresenta como uma gota lipídica unilocular dentro de um citoplasma que é cercado por uma membrana lipídica e um núcleo único adjacente, sendo similar ao adipócito branco. No entanto, não é utilizado

como reserva energética do organismo para armazenamento de lipídeos (RAPOSO, 2020).

Quanto a sua localização, o tecido adiposo visceral refere-se à gordura localizada em torno dos órgãos, sendo o principal responsável por diversos danos aos parâmetros metabólicos e hemodinâmicos (IBRAHIM, 2009), devido ao fato de secretar uma maior quantidade de citocinas inflamatórias quando comparado ao tecido adiposo subcutâneo (TAS) (LEAL, 2017).

2.2. Compartimentalização do tecido adiposo

A compartimentalização do tecido adiposo refere-se à divisão do tecido adiposo em diferentes compartimentos. O tecido adiposo não é uniformemente distribuído, sendo divididos em diferentes compartimentos que implicam em diferentes mudanças metabólicas (JANG, 2022).

A compreensão da compartimentalização do tecido adiposo é importante, pois permite na elucidação de mecanismos subjacentes às doenças metabólicas, cardiovasculares, e demais comorbidades envolvidas na obesidade.

As diferenças na expressão e liberação de adipocinas entre o tecido adiposo visceral e subcutâneo contribuem para as variáveis respostas inflamatórias e metabólicas associadas aos diferentes tipos de depósitos de gordura no corpo humano (DEUTSCH, 2020).

2.2. 1. Tecido adiposo subcutâneo (TAS)

Cerca de 80% da gordura corporal total encontra-se no subcutâneo, sendo vascularizada por veias sistêmicas. No tecido adiposo subcutâneo a maioria dos adipócitos são pequenos. Esses pequenos adipócitos são mais sensíveis à insulina e absorvem eficientemente ácidos graxos livres (FFAs) e triglicerídeos (TGs), prevenindo sua deposição em tecidos não adiposos (IBRAHIM, 2010).

A acumulação de gordura subcutânea atua como um amortecedor fisiológico normal para o excesso de ingestão de energia, como em uma dieta hipercalórica, combinado com baixo gasto energético, devido à inatividade física. Ela funciona como

um depósito metabólico, onde os ácidos graxos livres (FFAs) e o glicerol são armazenados como triglicerídeos (TGs) nos adipócitos. Quando a capacidade de armazenamento do tecido adiposo subcutâneo (TAS) é excedida ou sua capacidade de gerar novos adipócitos é prejudicada, devido a predisposição genética ou estresses fisiológicos e mentais, a gordura começa a se acumular em áreas fora do tecido subcutâneo, que é o depósito natural de energia (CHANDLER, 2017).

Novos adipócitos menores atuam como potentes amortecedores, absorvendo avidamente ácidos graxos livres (FFAs) e TGs no período pós-prandial. No entanto, à medida que os adipócitos crescem, tornam-se disfuncionais. Pequenos adipócitos são mais sensíveis à insulina e têm alta absorção de FFAs e TGs, prevenindo sua deposição em tecido não adiposo (RAPOSO, 2020).

Os receptores de estrogênio são expressos no tecido adiposo e possuem maior capacidade de ligação no TAS quando comparado ao visceral. A expressão e os níveis de leptina aumentam conforme o tamanho das reservas de TG do tecido adiposo aumenta, sendo o depósito de gordura subcutânea a principal fonte de leptina (IBRAHIM, 2010).

2.1. 2. Tecido adiposo visceral (TAV)

O tecido adiposo visceral (TAV) está localizado no mesentério e omento, permitindo que o sangue venoso seja drenado diretamente para o fígado através da veia porta devido à sua posição anatômica. Esse tipo de gordura proporciona acesso direto ao fígado para ácidos graxos livres (FFAs) e adipocinas secretadas pelos adipócitos viscerais (IBRAHIM, 2010, STACHOWIAK, 2016).

Os adipócitos viscerais, predominantemente grandes e densamente vascularizados, são mais resistentes à insulina, hiperlipolíticos e menos sensíveis ao efeito antilipolítico da insulina. Eles possuem alta sensibilidade aos receptores de glicocorticoides, que desempenham um papel na regulação metabólica e na distribuição da gordura corporal (IBRAHIM, 2010).

Comparados aos adipócitos subcutâneos, os adipócitos viscerais abdominais são mais sensíveis à lipólise induzida por catecolaminas e menos sensíveis à inibição da lipólise pelos receptores adrenérgicos α_2 . Além disso, o tecido adiposo visceral é

mais metabolicamente ativo e tem maior atividade lipolítica que o tecido adiposo subcutâneo (RAPOSO, 2020).

A obesidade abdominal, caracterizada pelo aumento do TAV, está associada à resistência à insulina, o que pode levar a condições como hiperglicemia, hiperinsulinemia, hipertrigliceridemia e síndrome metabólica. Indivíduos com excesso de gordura visceral têm maior risco de desenvolver diabetes e outras doenças cardiovasculares devido à sua influência negativa no perfil lipídico e metabólico (STACHOWIAK, 2016).

A circunferência abdominal aumentada é agora reconhecida como um indicador chave da síndrome metabólica, refletindo não apenas o excesso de gordura visceral, mas também a hiperinsulinemia e resistência à insulina associadas (IBRAHIM, 2010).

2.2.Tecido adiposo como órgão endócrino

O tecido adiposo atua como órgão endócrino (PINTO, 2014) e secreta adipocinas como a leptina, adiponectina e resistina, consideradas biomarcadores para determinar o grau de obesidade e a pré-disposição ao desenvolvimento de doenças (MULLER et. al., 2014; RAPOSO, 2020). A obesidade ocasiona alterações na regulação das adipocinas, provocando mudanças na resposta metabólica do organismo (CHANDLER, 2017).

O aumento dos níveis destas adipocinas, principalmente a leptina e resistina provoca diminuição da resposta imunológica, tornando os indivíduos humanos e animais obesos mais susceptíveis ao desenvolvimento de doenças (SILVEIRA et al., 2009).

No tecido adiposo, podemos observar diversos receptores, incluindo receptores para hormônios como a insulina, glucagon, TSH e gastrina, receptores nucleares para hormônios tireoidianos e androgênicos e, por fim, receptores para citocinas como leptina, IL-6, TNF- α , adrenoceptores β 1, β 2, β 3, α 1 e α 2 (PINTO, 2014).

Os adipócitos maduros atuam como órgão endócrino e parácrino ativo e, através de uma rede de comunicação com outros tecidos, sistema nervoso simpático e cérebro, podem influenciar o apetite, o balanço energético, a imunidade, a

sensibilidade à insulina, a angiogênese, a pressão arterial, o metabolismo lipídico e a homeostase (SILVEIRA et al., 2009).

3. Avaliação da obesidade

3.1 Escore de condição corporal (ECC)

A distribuição do tecido adiposo em cães ocorre preferencialmente em tecidos viscerais, do que em tecido subcutâneo, contribuindo para o desenvolvimento de doenças relacionadas à obesidade (MULLER et al., 2014). Determinar a adiposidade e sua distribuição no organismo é importante para prever a manifestação destas doenças. Atualmente, o método mais comumente utilizado, que é o Escore Corporal criado por LaFlamme (1997), é uma avaliação subjetiva e não permite avaliação quantitativa de gordura visceral e subcutânea e sua distribuição.

A avaliação do escore corporal, apesar de não ser o único método de diagnóstico (SILVEIRA et al., 2009), deve ser rotineira aos atendimentos clínicos, permitindo a triagem precoce doenças associadas à obesidade, como a osteoartrite, ruptura do ligamento cruzado cranial, diabetes mellitus, pancreatite, enfermidades pulmonares e cardiovasculares e neoplasmas (CHANDLER, 2017). Pesquisas recentes sugeriram o aumento da pressão arterial e como agravante em doenças respiratórias, por exemplo, asma e o colapso de traqueia (JERICÓ, 2017).

3.2 Tomografia Computadorizada (CT)

A tomografia computadorizada (CT) é uma tecnologia eletrônica de obtenção de imagens considerada uma das mais importantes descobertas na medicina diagnóstica, sendo seu primeiro uso na medicina humana em 1971 e para na medicina veterinária somente após 10 anos (MARINCEK, 1980).

As imagens são capturadas por elétrons em fluxo e emitidas em diversos tons de preto, branco e cinza, cores que são reguladas pela força da corrente fornecida. Essa corrente, quando mensurada, converte a informação sobre a composição e a localização do tecido. A imagem é formada após a emissão de fótons de raios-x ao

redor do paciente, sendo que cada tecido ultrapassado converte esses fótons em sinais elétricos por um painel de detectores (THRALL, 2019).

Como a intensidade inicial dos raios X é um valor conhecido, seu grau de atenuação pelo paciente pode ser inferido pela intensidade transmitida aos detectores e, assim, pela força resultante.

Conforme observado na Figura 2, devido à complexidade e quantidade dos sinais obtidos durante o escaneamento, eles são primeiramente enviados a um conversor analógico-digital (AD) e processados pelo computador, que constrói e envia a imagem em formato digital. As imagens são então mostradas como pixels de diferentes intensidades luminosas.

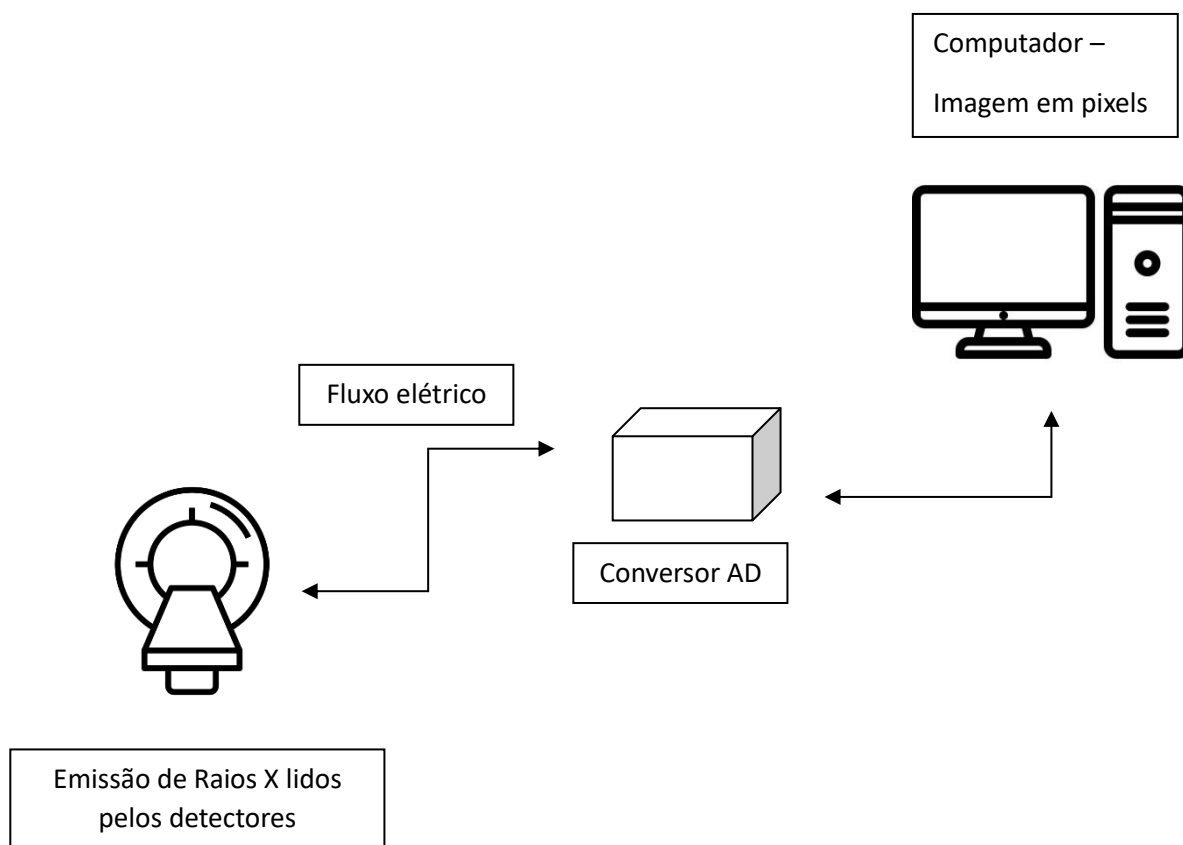


Figura 2 – Resumo da formação da Imagem na CT. Adaptado de Thrall (2019).

A escala de cinza da tomografia computadorizada depende do coeficiente de atenuação linear e representa o quanto cada tecido absorve ou dispersa um feixe de raio-X, ou seja, a densidade relativa dos tecidos atravessados pelo feixe de raio-X (GRECO, 2023). A densidade física é um dos mais importantes fatores para a atenuação, pois é através dela que determinamos o número de elétrons presentes em

uma dada espessura. A densidade dos elétrons (densidade física multiplicada pelo número de elétrons por grama) torna-se o principal contribuinte para a atenuação.

As propriedades de atenuação de raios x de um material podem ser descritas pelo coeficiente de atenuação linear (Em grego: μ). O coeficiente de atenuação linear descreve a fração dos raios X removida por unidade de espessura do tecido conforme a lei de decaimento exponencial pela equação:

$$N = N_0 e^{-\mu x}$$

Onde N_0 é o número inicial de fótons (mensurado na ampola), N é o número de fótons transmitido (medido no dispositivo de detecção), e é a base do logaritmo natural (2,718), x a espessura do absorvedor e μ o coeficiente de atenuação linear. À medida que todos os fatores desta equação, exceto μ , são determinados, este pode ser calculado em qualquer tecido ou substância que tenha espessura x .

Todas as estruturas presentes na trajetória do feixe de raio x contribuem para essa atenuação. Diferentemente da radiografia convencional, na tomografia computadorizada a soma destes fatores é usada para calcular a contribuição individual de cada estrutura e na medicina veterinária é desafiador definir o coeficiente de atenuação linear de cada paciente devido à grande variabilidade no tamanho dos animais.

Este processo é baseado em um princípio matemático descrito por J. H. Randon em 1917, que afirmou que um objeto pode ser reconstruído a partir de um conjunto infinito de projeções com um número infinito de ângulos. Isso é precisamente o que ocorre na CT: durante a aquisição do exame, a ampola de raio x se movimenta ao redor do paciente, obtendo inúmeras imagens em diversos ângulos. Isso possibilita a reconstrução do objeto e elimina os efeitos somatórios da radiografia convencional, permitindo a reconstrução fiel de cada tecido.

Uma vez que a atenuação foi numericamente mapeada em pixels, os valores podem ser padronizados em uma escala conforme descrito na Tabela 1 onde podem ser expressos de maneira relativa à atenuação da água. A mensuração é realizada em unidades Hounsfield (UH) que são baseadas na seguinte equação:

$$UH \text{ do tecido} = [(\mu \text{ tecido} - \mu \text{ água}) / \mu \text{ água}] \times 1.000UH$$

Compreende-se que o tecido atenuado pode ser hipoatenuante ou hiperatenuante, sendo ele menos branco e menos brilhante (hipoatenuante) ou mais branco e mais brilhante (hiperatenuante). Além disso, este método permite o estudo funcional dos tecidos por meio da avaliação de estrutura, densidade e vascularização, após a injeção de contraste intravenoso através de séries dinâmicas de aquisição de imagens.

Tabela 1. Medidas das unidades Hounsfield de diversas substâncias

SUBSTÂNCIA	UNIDADES HOUNSFIELD
Ar	-1.000
Pulmão	-845 (média) Em cão com 15 cm de água, ventilação com pressão positiva.
Gordura	- 100 (aproximadamente)
Água	0
Cérebro	30-40
Rim	30
Fígado, baço e músculo	50-70
Sangue coagulado - agudo ou subagudo	60-100
Mineral	Variável 100 a 1000
Osso	Variável 100 a 1000
Metal (ex: iodo)	Variável, dependendo da diluição 100 a 300

Adaptado de Thrall (2019).

Durante a aquisição do exame a escolha da espessura do corte e o índice de dose da radiação variam conforme o tamanho do paciente e suspeita diagnóstica, a

fim de se evitar exposição excessiva do paciente aos raios-x. A partir disso no geral utiliza-se pitch igual a um e para algumas reconstruções em 3D pode-se utilizar cortes submilimétricos com um pitch inferior a um (GRECO, 2023).

O pitch é a medida que relaciona a distância necessária a ser percorrida durante a rotação completa do tubo de raios-x em relação à largura da colimação do feixe de radiação. Sendo, portanto, um pitch maior mais veloz e com imagens mais rápidas, mas de menor qualidade e um pitch menor mais lento com imagens mais detalhadas (SMITH, 2015).

Outro fator importante para determinar durante a realização do exame é o ajuste do Field of View - FOV que é a área de captura escolhida. A escolha de um FOV maior permite abrangência de maior área, entretanto, com menor resolução espacial, e um FOV menor é indicado para detalhamento de uma área (WAGNER, 2014).



Figura 3 – Paciente em decúbito esternal-dorsal. Fonte: Arquivo Pessoal.

E por fim, a escolha do posicionamento utilizado durante a varredura que pode ser decúbito esternal-dorsal (Figura 3), com os membros torácicos anteriorizados e os pélvicos deslocados caudalmente, para o estudo do tórax e do abdômen. O mesmo posicionamento é utilizado para o crânio, mas os membros anteriores são puxados caudalmente ao longo do tórax. O decúbito dorsal é rotineiramente adotado para o estudo da coluna vertebral para evitar artefatos de movimento (Figura 4) (GRECO, 2023).



Figura 4 – Paciente em decúbito dorsal. Fonte: Arquivo Pessoal.

3.3 Avaliação do tecido adiposo pela tomografia

A avaliação da obesidade e a deposição em gordura subcutânea pode ser determinada de forma acessível conforme descrita anteriormente, por meio da avaliação do peso, escore de condição corporal e mensuração dimensional (medida de circunferência da cintura e tórax, espessura de gordura subcutânea em cauda, costelas e lombar). No entanto, a gordura visceral não pode ser estimada por tais

métodos, o que torna uso da tomografia computadorizada uma alternativa valiosa, sendo considerada um método minimamente invasivo (THENGCHAI SRI et al., 2014).

Muller et. al. (2014) demonstraram o uso da tomografia computadorizada como um dos métodos mais avançados para avaliação da gordura visceral, com mensuração entre as vértebras L3 a L5 como demonstrado na Figura 5 onde visualizamos um corte transversal em altura de vertebra L4 no qual podemos observar pela coloração amarela a deposição de gordura (LEAL 2017). Segundo Nagao et al. (2019), a TC representa “padrão-ouro” para avaliação do TAV, permitindo sua diferenciação e quantificação do TAS de forma minimamente invasiva.

A avaliação do tecido adiposo ocorre através da determinação da atenuação da gordura, sendo que o intervalo de atenuação de gordura é de -135 a -105 unidades Hounsfield (UH) para cães (ISHIOKA, 2005).

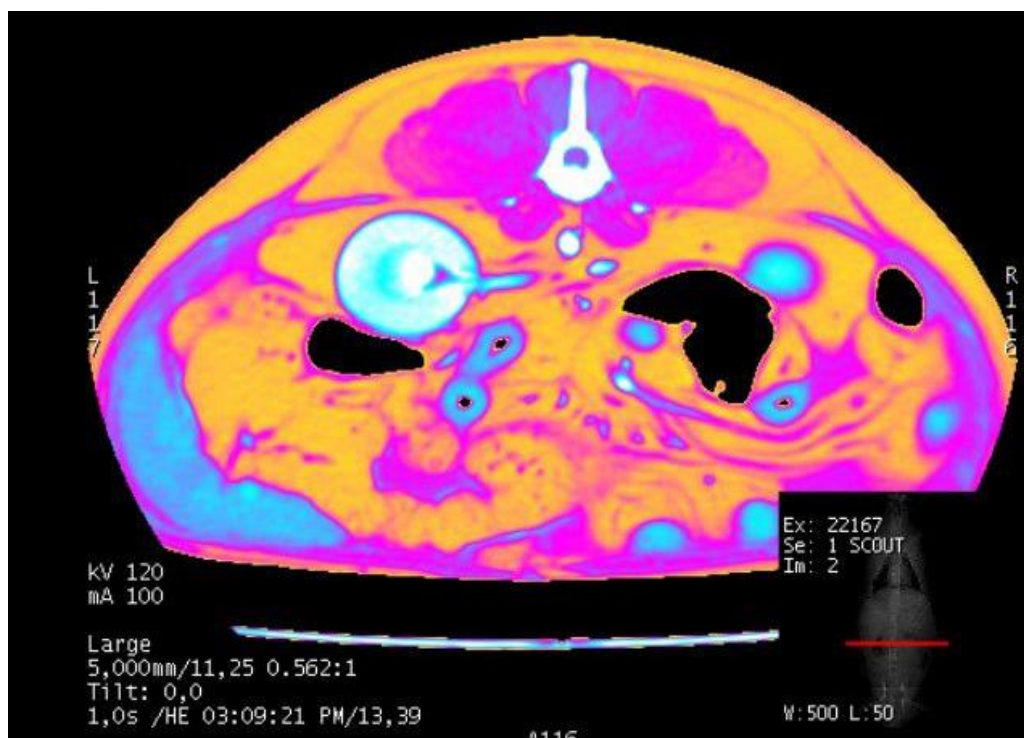


Figura 5. Seção transversal da região lombar de um cão na altura de L4. Gordura visceral e subcutânea (amarelo). Imagem demonstrativa – GE Brivo CT3785 de 16 canais. Fonte: Arquivo Pessoal.

Nos últimos anos, o uso da tomografia computadorizada para avaliação abdominal tem se destacado devido à sua acurácia em diferenciar os tecidos e suas mudanças fisiológicas, tornando o exame relevante ao diagnóstico de diversas doenças, em especial a obesidade (SOUZA et al., 2012).

Portanto, o estudo da avaliação do tecido adiposo de maneira quantitativa por meio da tomografia computadorizada em cães, bem como suas correlações com o escore corporal e biomarcadores, poderá favorecer o estabelecimento de métodos de diagnóstico e tratamento precoce da obesidade e das suas consequências orgânicas.

MATERIAIS E MÉTODOS

O projeto de pesquisa foi aprovado pela Comissão de Ética no Uso de Animais (CEUA), protocolo nº3934/2022 Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias – FCAV/UNESP Campus Jaboticabal bem como pelos tutores (termo de consentimento).

Os 54 cães utilizados no presente estudo foram pacientes que vieram para o exame de rotina de tomografia abdominal com diversas indicações clínicas do All Vet's Hospital Animal localizado na cidade de Pouso Alegre – MG. Inicialmente, os cães foram avaliados clinicamente, e passaram por exames bioquímico e hematológico. Para animais com idade superior a 6 anos foi instituído como exame pré-anestésico a realização de eletrocardiograma e ecocardiograma.

Os cães foram divididos em grupos de obesos (35 cães) e não obesos (19 cães), de acordo a escala de escore de condição corporal de nove pontos (LAFLAMME, 1997). E, posteriormente, redivididos, ainda, em pequeno porte até 10Kg (35 cães) e grande porte acima de 10Kg (19 cães), sendo considerado para análise estatística o porte a partir do peso corporal.

Após liberação pela equipe clínica do hospital e, os cães foram submetidos ao jejum alimentar por 12 horas e hídrico de 2 horas. Anteriormente à realização do exame os pacientes eram avaliados e recebiam classificação conforme seu estado de saúde seguindo protocolo ASA (Avaliação do estado físico pela *American Society of Anesthesiology*).

Após determinação da ASA pela equipe de anestesia, os animais ASA 1 receberam, por aplicação intramuscular (IM), medicação pré-anestésica que consistiu em 2 mcg/kg de Dexmedetomidina associado a 0,2mg/kg de metadona, e posterior implantação de cateter intravenoso (nº 22) em veia cefálica de membro torácico no qual receberam a infusão de 1mg/kg de Cetamina associada a 5mg/kg de propofol. A medicação pré-anestésica de pacientes ASA 2/3 foi 0,2mg/kg de Burtofanol e 0,03mg/kg de Acrepram IM com implantação de cateter intravenoso (nº 22) em veia cefálica de membro torácico para infusão de 1mg/kg de lidocaína sem vaso constritor, 1mg/kg de cetamina e 3mg/kg de propofol e ambos os grupos após a intubação endotraqueal, a anestesia inalatória com Isoflurano na dose de 1 CAM (Concentração

alveolar mínima) foi mantida durante o período de realização do exame e sendo o paciente monitorado no procedimento anestésico e durante a recuperação. Os pacientes foram posicionados em decúbito externo – dorsal com os membros anteriores e posteriores puxados para frente e para trás respectivamente conforme Figura 4 no equipamento CT scanner (Helicoidal Single Slice GE) então a mesa do equipamento era recolocada seguindo as diretrizes da área de interesse.

Após realização do cadastro do paciente no software do próprio equipamento e realizado o plano de scout, foi programado e calibrado em área de interesse (ROI) o abdômen em 100 mAs e 80kV, utilizando espessura de 3mm, Pitch 1 com protocolos de aquisição Standart e Soft, e então, realizada a varredura da região de interesse (ROI).

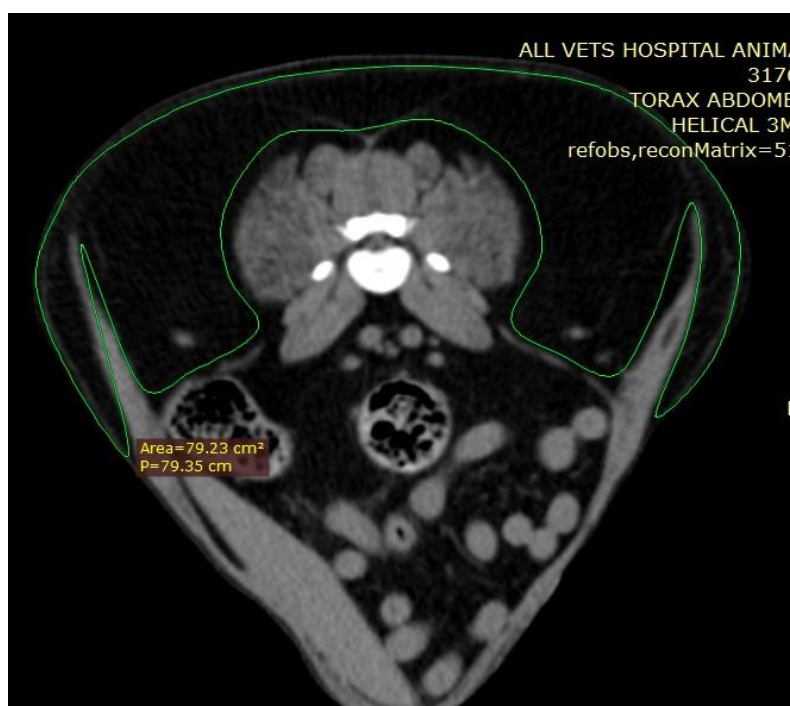


Figura 6. Mensuração de gordura subcutânea (área em verde) de corte axial em vértebra lombar (L6) de um cão. A região de interesse (ROI) foi destacada em verde no software RadiAnt DICOM Viewer para obtenção da gordura relativa (cm^2) e absoluta (cm). Fonte: Arquivo Pessoal.

Posteriormente à aquisição, foram selecionadas imagens tomográficas em planos axiais da região abdominal das vértebras lombares no intervalo de L3 a L6. Nesta região foram mensuradas as áreas absoluta e relativa (cm^2 e cm) de gordura subcutânea (AGS) e áreas absoluta e relativa (cm e cm^2) de gordura visceral (AGV)

conforme é possível observar nas figuras 6 e 7. No qual, foram utilizadas imagens obtidas em fase pré-contraste para análise da estrutura e da distribuição do tecido adiposo e sua diferenciação entre tecido adiposo subcutâneo e tecido adiposo visceral do paciente através da seleção da área de interesse conforme Figura 8.

Ao término do exame, as imagens foram processadas e avaliadas por meio do programa RadiAnt DICOM Viewer, no qual foram realizadas as mensurações necessárias para determinar a quantidade de gordura visceral e subcutânea (Figura 8) das vertebrae lombares L3, L4, L5 e L6.

Para avaliação de deposição de gordura subcutânea e visceral todas as vértebras selecionadas foram avaliadas, em, no mínimo, três pontos de interesse conforme demonstrado nas Figuras 6 e 7, com resultados relativos expressos em cm^2 , e absolutos, em cm.

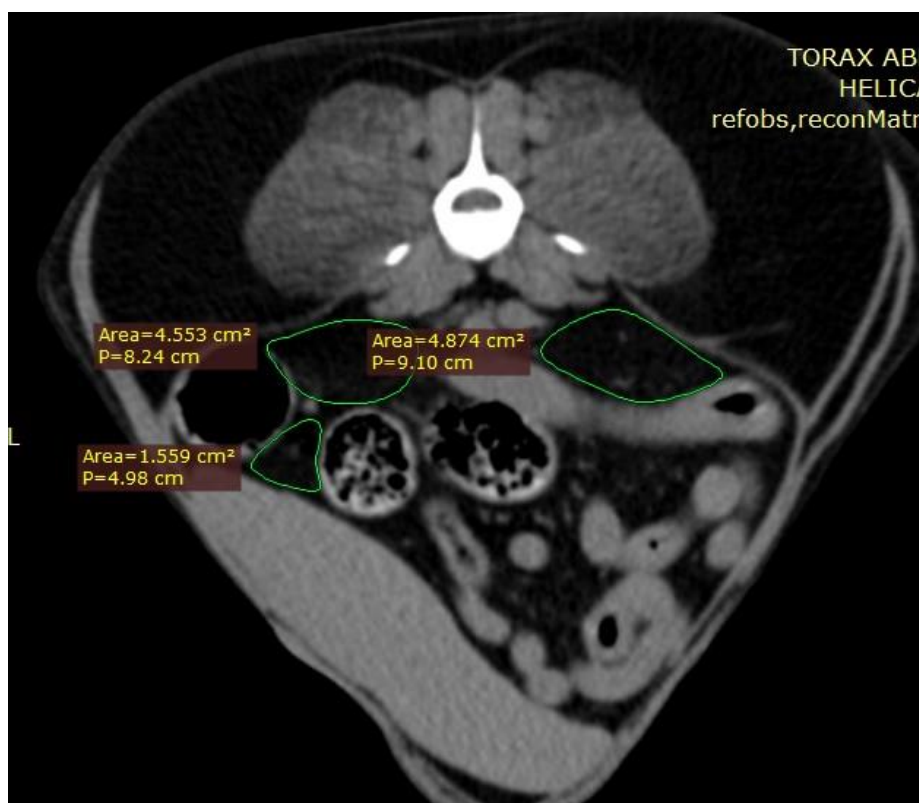


Figura 7 – Representação de avaliação da gordura visceral (áreas em verde) em corte axial de vértebra lombar L5 de um cão. A região de interesse (ROI) foi destacada em verde no software RadiAnt DICOM Viewer para obtenção da gordura relativa (cm^2) e absoluta (cm). Fonte: Arquivo Pessoal.

A correlação de Spearman foi utilizada para verificar o grau de associação entre as medidas das diferentes vértebras. Nesta análise, a relação entre duas variáveis por variou de -1 a $+1$. Posteriormente, foi aplicada uma análise de componentes principais

nas medidas absolutas e relativas de gordura subcutânea e visceral. O objetivo dessa análise era verificar, para cada tipo de variável, qual vértebra explicava a maior parte da variabilidade dos dados. Essa resposta foi obtida por meio dos pesos dos fatores da primeira componente principal.

Por fim, a vértebra selecionada foi utilizada como variável resposta de uma regressão. O objetivo era verificar quais fatores (idade, castração e sexo – Tabela 6) impactavam na quantidade de gordura dos animais.

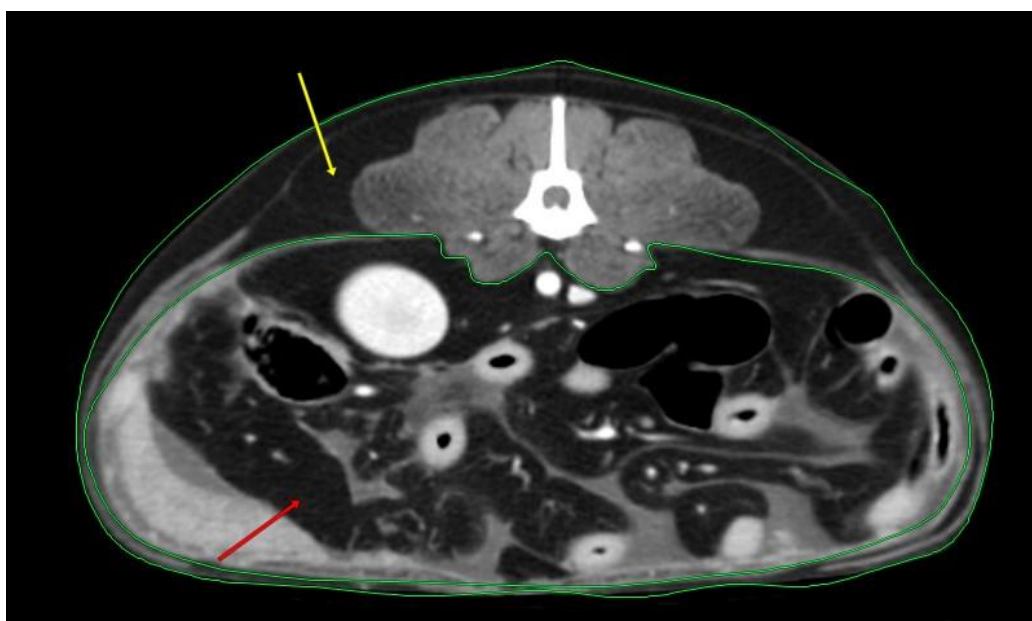


Figura 8: Seção transversal da região lombar de um cão na altura de L4. Deposição de gordura visceral (seta vermelha) e gordura subcutânea (seta amarela). Fonte: Arquivo Pessoal.

RESULTADOS

Tabela 2. dados de análises morfométricas de cães: raça, peso corporal, valores absolutos de gordura subcutânea e visceral das diferentes regiões (L3, L4, L5 e L6).

RAÇA	SEXO	CASTRADO	PESO	PORTE	SCORE	IDADE	L3 VISC (cm)	L3 SUB (cm)	L4 VISC (cm)	L4 SUB (cm)	L5 VISC (cm)	L5 SUB (cm)	L6 VISC (cm)	L6 SUB (cm)
Shih Tzu	1,13	1,29	7,30	1,00	6,79	7,29	10,19 ± 4,04	40,27 ± 21,12	10,18 ± 3,68	37,98 ± 18,90	13,21 ± 6,35	40,51 ± 21,54	7,89 ± 22,06	42,27 ± 3,39
Lhasa Apso	1,33	1,00	7,58	1,00	8,00	8,00	12,53 ± 4,44	54,56 ± 6,94	13,33 ± 5,63	52,42 ± 5,04	9,87 ± 0,27	52,40 ± 7,53	9,76 ± 5,22	52,63 ± 2,84
Pug	1,33	1,67	7,12	1,00	6,67	4,00	8,63 ± 2,92	49,31 ± 29,94	7,85 ± 2,76	47,52 ± 28,73	7,37 ± 1,41	46,78 ± 22,38	8,65 ± 27,80	55,83 ± 3,30
Poodle	1,50	1,17	6,73	1,00	6,17	8,33	6,97 ± 2,38	42,53 ± 16,48	8,74 ± 3,13	40,13 ± 16,69	8,25 ± 1,16	39,94 ± 11,21	5,42 ± 16,84	41,89 ± 1,88
Yorkshire Terrier	1,17	1,33	4,74	1,00	6,83	8,00	9,63 ± 9,96	38,25 ± 14,78	7,83 ± 5,27	38,90 ± 9,95	5,87 ± 2,00	35,32 ± 10,59	5,80 ± 13,57	39,23 ± 2,67
Pastor Alemão	1,00	1,00	32,78	3,00	6,33	9,67	12,32 ± 4,99	61,13 ± 41,14	11,15 ± 2,47	60,08 ± 39,91	9,59 ± 4,48	59,57 ± 36,19	12,76 ± 41,64	59,24 ± 2,73

Tabela com dados de análises morfométricas de cães, incluindo informações sobre raça, sexo, estado de castração, peso, porte, escore corporal, idade e medidas em diferentes regiões anatômicas (L3, L4, L5 e L6) com valores absolutos (em cm) e seus desvios padrão. As medidas estão distribuídas entre os compartimentos visceral (VISC) e subcutâneo (SUB) para cada vértebra. Nesta tabela, observa-se castrado (1) e não castrado (2); pequeno porte (1) e grande porte (3); sexo fêmea (1) e macho (2);

A matriz de correlações (Tabela 3) revela forte correlação entre as medidas de todas as vértebras, sendo que as correlações entre as medidas de gordura subcutânea são mais pronunciadas do que entre as medidas de gordura visceral.

Ao analisar a matriz de correlações das medidas de gordura subcutânea relativa, observa-se que esse tipo de medida apresenta as correlações mais significativas entre as vértebras. Devido à ausência de uma distribuição normal nas medidas (Tabela 2), optou-se por utilizar a Correlação de Spearman, por se tratar de um método não paramétrico.

Tabela 3. Matriz de correlações da gordura visceral e subcutânea relativa e absoluta da região lombar de cães

Gordura Subcutânea Relativa					Gordura Visceral Relativa			
	L3	L4	L5	L6	L3	L4	L5	L6
L3	1	0,98	0,98	0,95	1	0,89	0,84	0,79
L4	0,98	1	0,98	0,95	0,89	1	0,85	0,72
L5	0,98	0,98	1	0,96	0,84	0,85	1	0,71
L6	0,95	0,95	0,96	1	0,79	0,72	0,71	1
Gordura Subcutânea Absoluta					Gordura Visceral Absoluta			
	L3	L4	L5	L6	L3	L4	L5	L6
L3	1	0,95	0,91	0,85	1	0,88	0,84	0,69
L4	0,95	1	0,94	0,85	0,88	1	0,86	0,65
L5	0,91	0,94	1	0,87	0,84	0,86	1	0,66
L6	0,85	0,85	0,87	1	0,69	0,65	0,66	1

Ao empregar os pesos da primeira componente principal, constatamos que as medidas das vertebrae L3 e L4 possuem grande relevância, sendo que a L4 se destaca como a mais importante (Tabela 4). Apesar de os pesos estarem bastante próximos, a L6 apresenta uma correlação ligeiramente menos robusta em relação as demais. Dessa forma, as medidas de todas as vértebras fornecem informações similares.

Ao analisar os pesos da primeira componente principal, observamos que a importância atribuída à medida da vertebra L4 é a mais significativa. Considerando que esse resultado considera a presença de gordura visceral e subcutânea, há forte indicação de que a medida da vertebra L4 seja a mais apropriada, embora sua vantagem em relação às demais medidas não seja muito expressiva.

Tabela 4. Pesos – importância das variáveis

		Subcutânea	Subcutânea	Visceral	Visceral
	Total Absoluta	Relativa	Absoluta	Relativa	Absoluta
Vértebra	Peso PC1				
L3	0,50	0,50	0,51	0,49	0,51
L4	0,51	0,50	0,51	0,53	0,56
L5	0,49	0,49	0,49	0,52	0,53
L6	0,49	0,50	0,49	0,45	0,38

Análise de regressão para verificar quais fatores impactam o nível de gordura de cada animal

Essa análise foi realizada considerando a medida da vértebra L4 para estimar para o nível de gordura corporal. Além disso, foi feita uma análise para cada tipo de medida (visceral e subcutânea, relativa e absoluta), separando os diferentes portes de cães. Todas as análises foram feitas considerando 5% de significância (Tabela 4).

Tabela 5. Regressão dos efeitos de cada fator

Modelo Grande Porte								
Coefficiente	Estimativa P-Valor							
	TAV - Absoluto		TAV Relativo		TAS Absoluto		TAS Relativo	
Intercepto	-12,09	0,70	-26,74	0,70	-269,67	0,09	-263,63	0,01
Sexo - Macho	-3,16	0,83	-18,93	0,58	114,87	0,10	59,64	0,03
Castração	7,46	0,54	37,80	0,29	-103,49	0,08	-78,68	0,02
Peso	0,35	0,69	-0,09	0,96	11,17	0,06	9,34	0,01
Idade	-1,55	0,41	-5,10	0,30	18,78	0,06	12,27	0,01

Modelo Pequeno Porte								
Coefficiente	Estimativa P-Valor							
	TAV - Absoluto		TAV Relativo		TAS Absoluto		TAS Relativo	
Intercepto	2,53	0,51	0,07	0,98	17,22	0,32	2,20	0,87
Sexo - Macho	0,29	0,86	0,25	0,80	-10,39	0,17	-10,50	0,09
Castração	-0,83	0,63	-0,41	0,69	-0,86	0,91	1,52	0,81
Peso	1,65	0,00	1,01	0,00	6,31	0,00	6,07	0,00
Idade	-0,23	0,39	-0,17	0,28	-1,15	0,33	-1,47	0,13

Gordura Visceral Absoluta

Na avaliação de tecido adiposo visceral absoluto, observa-se que, para cães de pequeno porte, apenas o efeito do peso foi significativo ao nível de 5%. A estimativa indica que, para cada quilo extra de peso corporal, a medida de gordura visceral absoluta aumenta, em média, 1,65 centímetros. Para cães de grande porte, nenhum fator foi considerado significativo. Isso pode estar relacionado ao tamanho amostral reduzido, o que pode resultar na não identificação de efeitos pequenos.

Gordura Visceral Relativa

Para os cães de pequeno porte, apenas o efeito do peso foi significativo. A estimativa indica que, para a cada quilo extra de peso corporal, a medida de gordura visceral relativa aumenta, em média, 1,01 centímetros quadrados.

Gordura Subcutânea Absoluta

Para os cães de pequeno porte, apenas o efeito do peso foi significativo. A estimativa indica que, a cada quilo extra de peso corporal, a medida de gordura subcutânea absoluta aumenta, em média, 6,31 centímetros. Para os cães de grande porte, nenhum fator foi considerado significativo.

Gordura Subcutânea Relativa

Em cães de pequeno porte, apenas o efeito do peso foi significativo. A estimativa indica que, a cada quilo extra de peso corporal, a medida de gordura subcutânea relativa aumenta, em média, 6,07 centímetros quadrados e para cães de grande porte todas as variáveis foram consideradas significativas. A estimativa do coeficiente ligado a sexo indica que os machos têm, em média, 59,64 centímetros quadrados a mais de gordura subcutânea relativa do que as fêmeas. Quanto à castração, os cães não castrados apresentam, em média, 78,68 centímetros quadrados a menos de gordura subcutânea relativa do que os animais castrados. A cada quilo extra de peso corporal, os cães apresentaram, também em média, 9,34 centímetros quadrados extras de gordura subcutânea e a cada ano de vida os animais acumulam, em média, 12,27 centímetros quadrados.

A raça cane corso foi escolhida como raça de referência, pois é a raça que apresenta os maiores níveis de gordura subcutânea relativa. Os cães da raça Doberman apresentam em média 231,05 centímetros quadrados de gordura subcutânea a menos do que os cães da raça cane corso. Os cães golden retriever apresentam em média 70,13 centímetros quadrados a menos do que os cane corso. Os labradores, por sua vez, apresentam 56,48 centímetros quadrados a menos do que os cane corso. Pastores alemães apresentam, em média, 114,28 centímetros quadrados a menos do que os cães da raça cane corso. E, por fim, rottweilers apresentam 138,5 centímetros quadrados a menos, em média, do que os cane corso.

DISCUSSÃO

Neste presente estudo, foi possível comprovar a acurácia da tomografia computadorizada (CT) na diferenciação tecidual, corroborando com o estudo realizado por West et al. (2023), no qual foi demonstrada a eficácia e a acurácia na avaliação do tecido adiposo em pericárdio., Kim et al. (2018) também observaram que a CT se mostrou mais eficiente para diferenciação de acúmulos de tecido adiposo subcutâneo e visceral em comparação com a radiografia convencional. Além disso, estudos realizados por BAE & OH (2019) demonstraram o uso da tomografia para avaliação de deposição de gordura corporal e perda de peso reafirmando a eficácia do método para avaliação diagnóstica e acompanhamento da obesidade e seu tratamento.

Grillot (2020) destacou, em seu trabalho, a correlação da avaliação de escore de condição corporal em humanos e avaliação de sarcopenia e obesidade através do uso da tomografia computadorizada e afirmou que a mensuração de apenas uma seção transversal no qual foi utilizada L3 é suficiente para atestar o estado nutricional do paciente, corroborando com a presente pesquisa. Destaca-se que, através dos dados obtidos, mesmo com variação racial e de sexo, a vértebra L3, e principalmente L4, demonstraram maior correlação positiva com a presença de deposição exacerbada de tecido adiposo o que corrobora com o estudo realizado por Muller et al. (2014).

Grillot (2020) destacou, a divergência da avaliação do escore corporal e o estado nutricional visualizado em tomografia em parte dos casos, o que vai ao encontro com o observado neste estudo, em que o peso está diretamente correlacionado com a presença de gordura visceral e subcutânea. No ensaio realizado por Thengchaisri et al. (2014) foi possível observar correlação positiva da gordura visceral com manifestação de doenças cardíacas e ainda reafirmar a precisão na avaliação da tomografia sob a deposição de gordura visceral o que também foi evidenciado neste estudo.

Nas variáveis relacionadas ao sexo, não há variação significativa em deposição de gordura visceral, o que corrobora com o demonstrado por Baggerman et al. (2023), no qual não foram observadas diferenças significativas entre homens e mulheres de presença de gordura visceral em pacientes terminais. Entretanto, em nosso estudo, podemos observar apenas diferenciação na deposição da gordura subcutânea em cães de grande porte, nos quais os machos apresentaram maior deposição quando

comparadas às fêmeas. Kim et al. (2018) e Jang et al. (2022) também observaram que o sexo não foi fator determinante em variação. No entanto, o fator peso em ambos os portes há correlação positiva entre o peso e a deposição de gordura visceral o que não foi visibilizado por Muller et al. (2014) o que supõe que a variedade racial seja fator de alta relevância na análise da distribuição de gordura pela CT.

Os achados da presente pesquisa para cães de pequeno porte demonstraram que a distribuição de gordura subcutânea e visceral é uniforme, corroborando com Turner (2020). No entanto, diferente de seu estudo, em nossa pesquisa a idade apresentou correlação positiva apenas em cães de grande porte, tanto em relação ao fator idade quanto ao fato de serem inteiros ou castrados, sendo a principal diferença na deposição do tecido adiposo subcutâneo.

CONCLUSÃO

Em conclusão, o método de avaliação por imagem através da tomografia computadorizada se mostra útil e aplicável para diagnóstico e mensuração quantitativa da obesidade, auxiliando no seu diagnóstico preciso e no planejamento do tratamento, bem como no acompanhamento do seu progresso.

CONSIDERAÇÕES FINAIS

Com base nos resultados obtidos neste estudo, evidencia-se que a tomografia computadorizada é precisa e eficaz na avaliação quantitativa da adiposidade em cães, permitindo diferenciação precisa entre a gordura visceral e subcutânea. Essa abordagem permite o diagnóstico precoce e o planejamento do tratamento da obesidade canina e comorbidades endócrinas e metabólicas, considerando a correlação entre a distribuição do tecido adiposo com a idade, sexo, peso corporal, raça, dieta, estilo de vida e estado reprodutivo dos animais.

A precisão e a acurácia na diferenciação entre os tipos de tecido adiposo e a correlação com variáveis clínicas reforçam a relevância desse método como ferramenta diagnóstica confiável e informativa. Como o excesso de gordura visceral pode contribuir para distúrbios metabólicos e redução da qualidade de vida, o estudo da compartimentação do tecido adiposo em cães é crucial para a manutenção da sua saúde e bem-estar e prevenção de enfermidades. Desta forma, a tomografia computadorizada auxilia os médicos veterinários no desenvolvimento de estratégias de tratamento personalizado e na prevenção de complicações associadas a essa condição.

CONFLITOS DE INTERESSE

Na realização deste estudo, é importante salientar que não há conflito de interesse pertinente que possa influenciar os resultados ou interpretações apresentadas. Todos os autores declararam que não possuem vínculos financeiros ou pessoais que possam gerar conflitos de interesse com relação ao trabalho submetido. Esta transparência é fundamental para garantir a integridade e a credibilidade da pesquisa científica.

AGRADECIMENTOS

O presente trabalho foi realizado com apoio do Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico – CNPQ.

REFERÊNCIAS

1. ALMEIDA, Mariana Ferreira de. **Ruptura do ligamento cruzado cranial em cães: comparação dos meios de diagnóstico radiográfico, ultrassonográfico e por tomografia computadorizada.** 2013.
2. APTEKMANN, K. P., SUHETT, W. G., MENDES JUNIOR, A. F., SOUZA, G. B., TRISTÃO, A. P. P. A., ADAMS, F. K., AOKI, C. G., PALACIOS JUNIOR., R. J. G., CARCIOFI., A. C., TINUCCI-COSTA, M. Aspectos nutricionais e ambientais da obesidade canina. **Ciência rural**, santa maria, v.44, n.11, p.2039-2044, 2014.
3. BAE, S. OH, T. Anti-obesity effects of Korean red ginseng extract in healthy beagles. **Polish Journal of Veterinary Sciences** vol 22 N 2 (2019) 385-389.
4. BAGGERMAN, M. R., DEKKER, I. M., WINKENS, B., OLDE DAMININK, S. W. M., STAPEL, S. N., WEIJS, P. J. M., van de POLL, M. C. G. Visceral obesity measured using computed tomography scans: No significant association with mortality in critically ill patients. **Journal of Critical Care** 77 (2023).
5. CHANDLER, M., CUNNINGHAM, S., LUND, E.M., KHANNA, C., NARAMORE, R. PATEL, A. DAY. M. J. Obesity and associated comorbidities in people and companion animals: A one health perspective. **Journal of Comparative Pathology**. 2017, v. 156, 296e309 Disponível em: <http://dx.Doi.Org/10.1016/j.Jcpa.2017.03.006>
6. CLARK, M., E HOENING M. Metabolic effects of obesity and its interaction with endocrine diseases. **Veterinary Clinics: Small Animal Practice** - (2016) - Disponível em: <http://dx.Doi.Org/10.1016/j.Cvsm.2016.04.004>

7. DA SILVA, Pâmela Petenucci; MARCONDES, Ana Lucia. Otimização da dose de radiação ionizante em tomografia computadorizada. **Tekhne e Logos**, v. 9, n. 1, p. 88- 98, 2018.
8. GOMES BF, ACCARDO CM. **Mediadores imunoinflamatórios na patogênese do diabetes mellitus. Einstein (são paulo)**. 2019;17(1):erb4596. Disponível em: [Http://dx.Doi.Org/ 10.31744/einstein_journal/2019RB4596](http://dx.Doi.Org/10.31744/einstein_journal/2019RB4596)
9. GRILLOT, J., D'ENGREMONT, C., PARMENTIER, A. L., LAKKIS, Z., PITON, G., CAZAUX, D., GAY, C., BILLY, M., KOCH, S., BOROT, S., VUITTON, L. Sarcopenia and visceral obesity assessed by computed tomography are associated with adverse outcomes in patients with Crohn's disease. **Clinical Nutrion and Metabolism** 39 (2020) 3024-3030.
10. IBRAHIM, M. M. Subcutaneous and visceral adipose tissue. Journal compilation.. 2009 international association for the study of obesity. **Obesity Reviews**, n. 11, v 11, P.11-18. Disponível em: Doi: 10.1111/j.1467-789X.2009.00623.x
11. Ibrahim, M.M. (2010), Subcutaneous and visceral adipose tissue: structural and functional differences. **Obesity Reviews**, 11: 11-18. <https://doi.org/10.1111/j.1467-789X.2009.00623.x>
12. ISHIOKA, K., HOSOYA, K., KITAGAWA, H., SHIBATA, H., HONJOH, T., KIMURA, K. AND SAITO, M. (2007): Plasma leptin concentration in dogs: effects of body condition score, age, gender and Breeds. **Research in Veterinary Science**. V.82, p. 11–15.
13. Ishioka K, Okumura M, Sagawa M, Nadadomo F, Kimura K, Saito M. Computed Tomographic Assessment of Body Fat in Beagles. **Veterinary**

Radiology and Ultrasound. 2005;46(1):49–53. [doi:10.1111/j.1740-8261.2005.00009.x](https://doi.org/10.1111/j.1740-8261.2005.00009.x).

14. IWASE, M.; KIMURA, K.; KOMAGOME, R.; SASAKI, N.; ISHIOKA, K.; HONJOH, T.; SAITO, M. Sandwich enzyme-linked immunosorbent assay of canine leptin. **The Journal of Veterinary Medical Science**, v. 62, n. 2, p. 207-209, 2000.
15. JANG, Y., NA, H., CHOI, S., CHOI, H., LEE, Y., LEE, K. Assessment of abdominal fat distribution by computed tomography in obese dogs. **Thai Journal of Veterinary Medicine**, v. 52, n. 2, p.245-250, 2022.
16. JERICÓ, M. M. Obesidade em cães e gatos. Associação brasileira de endocrinologia veterinária. Publicado em: outubro, 2017. Disponível em: <https://abev.Org.Br/obesidade-em-caes-e-gatos/> acesso em: 27/08/2021.
17. Khodamoradi, K., Khosravizadeh, Z., Seetharam, D., Mallepalli, S., Farber, N., & Arora, H. The role of leptin and low testosterone in obesity. **International Journal of Impotence Research**, p. 1-10, 2022.
18. KIM, D., NOH, D., OH, T., LEE, K. Body fat assessment by computed tomography and radiography in normal Beagle dogs. **J Vet Med Sci**. 2018 Sep; 80(9): 1380–1384. Published online 2018 Aug 7. doi: 10.1292/jvms.18-0216
19. LAFLAMME, d. Development and validation of a body condition score system for dogs. **Canine Practice**, v.22, P.10-15, 1997. Disponível em: <<http://agris.Fao.Org/agris-search/search.Do?Recordid=us9742264>>.
20. LEAL, C. C. **Função renal, gordura visceral e subcutânea: em estudo em pacientes no nordeste brasileiro**. Orientador: Poliana Coelho Cabral. 2017. 137 f. Dissertação (Mestrado em Nutrição). Universidade Federal de Pernambuco, CCS., Pernambuco, 2017.

21. MONTEIRO, A. R., BARROS, L. A. S., ALBERNAZ, P. C. S., VIERIRA, V. B. A., BARROSO, V. D. M. P., RODRIGUES, M. C. C. Diabetes mellitus, obesidade e maus hábitos de vida: sua relação com a covid-19. **Revista Científica da Faculdade de Medicina de Campos**. v. 15, nº 2, 2020.
22. MONTOVANI, V. T., BALDINI, J. D. A., GERALDO JUNIOR, E. Relação da obesidade com a pratica de atividades física em cães castrados atendidos pelo hv- fag. **3º Congresso Nacional de Medicina Veterinária FAG** – 2019. Issn: 2527-2365
23. MÜLLER, L., KOLLAR, E., BALOGH, L., POSTENYI, Z., MARIAN, T., GARAI, I., BALKAY, L., TRENCSENYI, G., THUROCZY, J. Body fat distribution and metabolic consequences – examination opportunities in dogs **Acta Veterinaria Hungarica**, v. 62, n. 2, p. 169-179 (2014). Disponível em: doi: 10.1556/avet.2013.057
24. NAGAO, I., OHNO, K., NAGAHARA, T., YOKOYAMA, N., NAKAGAWA, T., FUJIWARA, R., YAMAMOTO, K., GOTO-KOSHINO, Y., TSUJIMOTO, H. (2019). Evaluation of visceral fat mass in dogs by computed tomography. **Journal of Veterinary Medical sScience**. Disponível em: Doi:10.1292/jvms.19-0254
25. NISHII, N., NOKADE, H., TAKASU, M., SOE, O., OHBA, Y., MAEDA, S., OHTSUKA, Y., HONJO, T., SAITO, M., KITAGAWA, H. Postprandial changes in leptina concentrations of cerebrospinal fluid in dogs during development of obesity. **AJVR**, vol. 67, No. 12, December, 2006.
26. PINTO, W. J. A função endócrina do tecido adiposo. **Revista da Faculdade de Ciências Médicas de Sorocaba**, v. 16, n. 3, p. 111 - 120, 2014

27. RAPOSO, H. F. Tecido adiposo: cores e versatilidade. **HU Revista**. 2020. 46:1-12. Disponível em: Doi: 10.34019/1982-8047.2020.v46.31268.
28. SILVEIRA, M. R., FROLLINI, A. B., VERLANGIA, R. CAVAGLIERI, C. R. Correlação entre obesidade, adipocinas e sistema imunológico. **Revista Brasileira Cineantropometria e Desempenho Humano**, 2009, n. 11, v. 4, p.466-472.
29. SOUSA, J. P. L.B.A., BEKHOR, D., SAITO FILHO, C. F., BRETAS, E. A. S., D'IPPOLITO, G. Perfusão por tomografia computadorizada do abdome: aplicações clínicas, princípios e técnica do exame. **Revista Radiologia Brasileira**. 2012 jan/fev;45(1):39–45.
30. Stachowiak, M., Szczerbal, I., & Switonski, M. (2016). Genetics of Adiposity in Large Animal Models for Human Obesity—Studies on Pigs and Dogs. **Genetics of Monogenic and Syndromic Obesity**, 233–270. doi:10.1016/bs.pmbts.2016.01.001
31. THENGCHASIRI, N., THEERAPUN, W., KAEWMOKUL, S., SASTRAVAHA, A. Abdominal obesity is associated with heart disease in dogs. **BMC Veterinary Research**, 2014. 10:131.
32. TURNER, R. B. S., TYRELL, D., HEPWORTH, G., DUNSHEA, F. R., MANSFIELD, C. S. Comportamental fat distribution in the abdomen of dogs relative to overall body fat composition. **BMC Veterinary Research** (2020) 16:104
33. THENGCHASIRI, N. THEERAPUN, W. KAEWMOKUL, S. SASTRAVAHA, A. Abdominal obesity is associates with heart disease in dogs. **BMC Veterinary Research**. 2014, 10:131. Disponível em: <http://www.biomedcentral.com/1746-6148/10/131>

34. WEST, H. W., SIDDIQUE, M., WILLIAMNS, M., VOLPE, L., DESAI, R., LYASHEVA, M., THOMAS, S., DANGAS, K., KOTANIDIS, C., TOMLINS, P., MAHON, C., KARDOS, A., ADLAM, D., GRABY, J., RODRIGUES, J. C. I., SHIRODARIA, C., DEANFIELD, J., MEHTA, N. N., NEUBAUER, S., CHANON, K. M., ANTONIADES, C. Deep-Learning for Epicardial Adipose Tissue Assessment with Computed tomography. **Jacc: Cardiovascular Imaging**, Vol. 16. No 6, 2023. June 2023: 800-816.
35. WITZEL, A. L. KIRK, C. A. HENRY, G. A. TOLL, P. W. BREJDA, J. J. Use of a novel morphometric method and body fat index system for estimation of body composition in overweight and obese dogs. **JAVMA**, Vol 244, No. 11, June 1, 2014.
36. XENOULIS, P.G. STEINER, J. M. Lipid metabolismo and hyperlipidemia in dogs. **The Veterinary Journal** 183 (2010) 12-21 Disponível em: doi 10.1016/j.tvjl.2008.10.011
37. ZORAN, D. L. Obesity in dogs and cats: a metabolic disorder. **Vet Clin Small Anim** 40 (2010) 221-239. Disponível em: doi:10.1016/j.cvsm.2009.10.009
38. SMITH, Michel F. G. BLAKE, Nicholas; DODD, Scott. **Veterinary Computed Tomography**. 1. Ed. Oxford: Wiley-Blackwell, 2015.
39. WAGNER, A.; STICK, K. J.; HAYES, G. M. **Radiology of the Dog and Cat**. 2. Ed. St. Louis: Elsevier, 2014.
40. THRALL, D. E. et al. **Veterinary Diagnostic Imaging: A Pratical Guide**. 5 ed. St. Louis: Elsevier, 2018.

APÊNDICE

1. Termo de Consentimento para Uso de Imagens de Exames de Tomografia Computadorizada de Cães

Introdução e Objetivo: Este documento tem como objetivo obter a autorização para o uso de imagens de tomografia computadorizada do seu cão para fins de pesquisa científica, ensino e divulgação científica. Essas imagens podem ser utilizadas em publicações científicas, apresentações em congressos, e demais formas de disseminação de conhecimento, com o intuito de contribuir para o avanço da medicina veterinária.

Descrição das Imagens: As imagens de tomografia computadorizada do seu cão poderão incluir regiões anatômicas específicas e serão analisadas exclusivamente para os objetivos científicos estabelecidos pelo projeto de pesquisa. Não serão divulgadas informações que permitam a identificação do tutor ou do animal fora do contexto científico.

Confidencialidade: Todas as imagens serão tratadas com total confidencialidade e serão utilizadas somente para fins acadêmicos e científicos. Não serão divulgados dados pessoais do tutor ou informações que possam identificar o animal individualmente em qualquer publicação ou apresentação pública.

Voluntariedade e Direito de Retirada: O consentimento para o uso das imagens é voluntário, e o tutor tem o direito de retirar sua autorização a qualquer momento, sem qualquer prejuízo. Caso opte por retirar o consentimento, as imagens não serão mais utilizadas para os fins especificados, embora possam ser mantidas em registros já utilizados em publicações anteriores.

Declaração de Consentimento: Eu, _____, tutor do animal identificado como _____, autorizo o uso das imagens de tomografia computadorizada para os fins de pesquisa, ensino e divulgação científica descritos neste termo. Estou ciente de que a identidade do meu animal será mantida em sigilo, e que não haverá divulgação de informações pessoais.

Nome do Tutor: _____

Data: ____/____/____

Assinatura: _____

Contato para Esclarecimentos: Caso tenha dúvidas sobre o uso das imagens ou os objetivos da pesquisa, entre em contato com a equipe responsável pelo estudo através do telefone (035)9.8445-9449 ou pelo e-mail franciele.balbino@unesp.br

Agradecemos sua colaboração e contribuição para o avanço da medicina veterinária.