

UNIVERSIDADE FEDERAL DE UBERLÂNDIA
FACULDADE DE MEDICINA VETERINÁRIA

HEITOR LEOCÁDIO DE SOUZA RODRIGUES

**ESTIMATIVA DO VOLUME URINÁRIO POR MEIO DA ULTRASSONOGRAFIA
EM CÃES E MODELOS EXPERIMENTAIS**

UBERLÂNDIA – MG

2023

HEITOR LEOCÁDIO DE SOUZA RODRIGUES

**ESTIMATIVA DO VOLUME URINÁRIO POR MEIO DA ULTRASSONOGRAFIA
EM CÃES E MODELOS EXPERIMENTAIS**

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado à Faculdade de Medicina Veterinária da Universidade Federal de Uberlândia como requisito parcial para obtenção do título de bacharel em Medicina Veterinária.

Área de concentração: Diagnóstico por Imagem.

Orientadora: Prof^ª. Dr^ª. Vanessa Martins Fayad Milken.

UBERLÂNDIA – MG

2023

HEITOR LEOCÁDIO DE SOUZA RODRIGUES

**ESTIMATIVA DO VOLUME URINÁRIO POR MEIO DA ULTRASSONOGRAFIA
EM CÃES E MODELOS EXPERIMENTAIS**

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado à Faculdade de Medicina Veterinária da Universidade Federal de Uberlândia como requisito parcial para obtenção do título de bacharel em Medicina Veterinária.

Área de concentração: Diagnóstico por Imagem.

Uberlândia, 16 de novembro de 2023

Banca Examinadora:

Prof^ª. Dr^ª. Vanessa Martins Fayad Milken – FAMEV (UFU)

Prof. Dr. Leandro Zuccolotto Crivellenti – FAMEV (UFU)

Me. Caio Santos Pennacchi – Doutorando (UFU)

Dedico este trabalho a ciência, a vida e ao
progresso.

AGRADECIMENTOS

Agradeço a todos que foram, aqueles que estão e a todos que virão. Em especial aqueles que passaram e aqueles que decidiram permanecer na minha vida.

Aos familiares, aos amigos, a Medicina Veterinária, a UFU, aos docentes e aos animais: vocês ressignificaram a minha vida.

Agradeço aos docentes, técnicos, residentes e colaboradores pelas orientações e aprendizagens ao longo da minha jornada acadêmica em prol do título de “médico veterinário”.

Em agradecimento especial às médicas veterinárias residentes do HV-UFU, Lídia Maria Amaro Vasconcellos, Laís Elena Oliveira Pimenta, Roberta Valvassori Lucatto e Karina Harumi Chinen, e aos professores Vanessa Martins Fayad Milken, Márcio Machado Costa e Leandro Zuccolotto Crivellenti pelas orientações, conselhos e apoio prestados na execução do trabalho.

Agradeço também a Fundação de Amparo à Pesquisa do Estado de Minas Gerais (FAPEMIG) pela bolsa concedida e pela oportunidade de execução da pesquisa.

RESUMO

O volume urinário e o volume residual da urina são informações que podem fornecer dados clínicos relevantes para cães e gatos, especialmente os hospitalizados. Vários métodos podem ser utilizados para avaliar este volume, como o cateterismo uretral ou até mesmo a cistocentese. No entanto, são métodos que apresentam riscos de lesionar o trato urinário. Como alternativa, sugere-se a estimativa feita por meio da ultrassonografia. Desse modo, o presente trabalho objetivou avaliar fórmulas de estimativa do volume urinário, descritas na literatura humana e veterinária, em cães e modelos experimentais. Para isso, foram utilizados nove cadáveres machos de cães e doze modelos experimentais a fim de avaliar o volume residual, pequeno, médio e grande volume por meio de três fórmulas diferentes. Os dados foram obtidos por três examinadores distintos, sendo dois imaginologistas e um não imaginologista. Cada avaliador registrou três imagens longitudinais e transversais, obtendo as medidas de largura, comprimento e alturas em cada volume proposto. As medidas foram então submetidas à média e em seguida, por meio das três fórmulas propostas, foi estimado o volume urinário. As três fórmulas obtiveram maior precisão na estimativa dos menores volumes, com queda gradual à medida que aumentava o volume urinário. O erro de todas as fórmulas foi inferior a 10% mesmo quando comparada a avaliação em modelos experimentais e em cães. Uma fórmula obteve a maior precisão no presente estudo, sendo especialmente precisa no volume residual e pequeno volume. Enquanto que as outras duas foram mais precisas na estimativa do médio e grande volume. Houve variação da estimativa entre examinadores imaginologistas e não imaginologistas, no entanto a variação foi baixa. Assim, acredita-se que profissionais não imaginologistas também possam aplicar essa metodologia para estimar o volume urinário. Vale ressaltar que a familiaridade prévia com a ultrassonografia pode aumentar ainda mais a precisão. Dessa forma, conclui-se que a estimativa do volume urinário por meio da ultrassonografia é um método preciso e não invasivo, sendo caracterizada como um método alternativo e viável para a avaliação do trato urinário.

Palavras-chave: débito urinário; volume residual; phantom; avaliação urinária.

ABSTRACT

The urinary volume and residual urine volume are pieces of information that can provide relevant clinical data for dogs and cats, especially those that are hospitalized. Various methods can be used to assess this volume, such as urethral catheterization or even cystocentesis. However, these methods carry the risk of injury to the urinary tract. As an alternative, volume estimation by ultrasound has been proposed. Therefore, the aim of the present study was to evaluate urinary volume estimation formulas described in the human and veterinary literature in dogs and experimental models. Nine male dog cadavers and twelve experimental models were used to evaluate small, medium, and large volumes of residual urine using three different formulas. Data were collected by three different examiners, including two imaging specialists and one non-imaging specialist. Each examiner recorded three longitudinal and transverse images and obtained measurements of width, length, and height at each proposed volume. The measurements were then averaged, and the urinary volume was estimated using the three proposed formulas. All three formulas showed higher accuracy in estimating smaller volumes, with a gradual decrease in accuracy as the urinary volume increased. The error of all formulas was less than 10%, even when compared to estimates in experimental models and dogs. One formula achieved the highest accuracy in this study, especially in estimating residual and small volumes, while the other two were more accurate in estimating medium and large volumes. There was variation in estimation between imaging and non-imaging examiners, but the variation was small. Therefore, it is believed that non-imaging professionals can also use this method to estimate urinary volume, with prior familiarity with ultrasound potentially increasing accuracy. In conclusion, urinary volume estimation by ultrasound is an accurate and non-invasive method that can be characterized as an alternative and viable approach to the evaluation of the urinary tract.

Keywords: urinary output; residual volume; phantom; urinary assessment.

LISTA DE ILUSTRAÇÕES

Figura 1 -	Modelos experimentais de diferentes volumes.	14
Figura 2 -	Imagens ultrassonográficas das vesículas de látex de modelos experimentais.	15
Figura 3 -	Imagens ultrassonográficas das vesículas urinárias de cadáveres de cães.	15
Figura 4 -	Gráficos de Bland-Altman e Concordância entre o volume urinário conhecido e os volumes estimados em modelos experimentais.	18
Figura 5 -	Gráficos de Bland-Altman e Concordância entre o volume urinário conhecido e os volumes estimados em cadáveres caninos.	19
Figura 6 -	Comparação da quantidade de vezes em que os examinadores imaginologistas obtiveram estimativas mais precisas do que o não imaginologista.	21

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 -	Comparação entre o volume conhecido e estimado pelos examinadores imaginologistas e não imaginologista	20
------------	--	----

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

VU	Volume urinário
HV-UFU	Hospital Veterinário da Universidade Federal de Uberlândia
CEUA	Comissão de Ética na Utilização de Animais
kg	Quilograma
ml	Mililitro
F1	Fórmula 1
F2	Fórmula 2
F3	Fórmula 3
C	Comprimento
L	Largura
AL	Altura longitudinal
AT	Altura transversal
CCC	Coefficiente de Correlação de Concordância de Lin
IC	Intervalo de Confiança
ME	Modelo experimental
EI	Examinador imaginologista
ENI	Examinador não imaginologista

SUMÁRIO

1. INTRODUÇÃO	8
2. REVISÃO DE LITERATURA	10
2.1. Volume urinário.....	10
2.2. Avaliação do volume urinário	10
2.3. Avaliação ultrassonográfica da vesícula urinária	11
2.4. Modelos experimentais.....	12
3. MATERIAL E MÉTODOS	13
3.1. Cães	13
3.2. Modelo experimental de vesícula urinária	13
3.3. Exame ultrassonográfico	14
3.4. Fórmulas para determinação do volume urinário	15
3.5. Análise estatística	16
4. RESULTADOS	17
5. DISCUSSÃO	22
6. CONCLUSÃO	25
REFERÊNCIAS	26

1. INTRODUÇÃO

O volume urinário e o volume residual da urina são informações que podem fornecer dados clínicos relevantes para cães e gatos, especialmente os hospitalizados (Kendall *et al.*, 2020). Como por exemplo em casos em que é necessário avaliar a administração de fluido intravenoso em pacientes com lesão renal aguda, quantificar o débito urinário e até mesmo diagnosticar disfunções miccionais (DiFazio *et al.*, 2020; Kendall *et al.*, 2020).

Todavia, vários métodos podem ser utilizados para avaliar o débito urinário, como o cateterismo uretral intermitente, a utilização de um sistema fechado de coleta de urina, a cistocentese, ou observação da micção (Lisciandro *et al.*, 2017). Cada método apresenta seus desafios e riscos, o cateterismo vesical por exemplo mesmo que eficaz, pode causar lesões no trato urinário ou até mesmo infecções em decorrência do manejo deste método (Lopes; Nicolussi, 2021) e ser tecnicamente difícil em gatos e cadelas, sendo que a sedação pode ser necessária e de risco para o paciente em estado crítico (Lisciandro *et al.*, 2017). Uma alternativa viável, com menos riscos, indolor e rápida para estimar o débito urinário são as medições realizadas no exame ultrassonográfico (Atalan *et al.*, 1998), que vem sendo utilizada tanto na medicina humana quanto na veterinária (Cole *et al.*, 2021; DiFazio *et al.*, 2020).

Várias técnicas são descritas na literatura, avalia-se em imagem bidimensional a vesícula urinária e aplica-se a seguinte fórmula comprimento x largura x altura da bexiga (em centímetros) x $0,2\pi$ (Lisciandro *et al.*, 2017). Em humanos a estimativa do débito urinário baseia-se na fórmula estipulada de comprimento x largura x altura da bexiga x 0,52, usando o modo B do ultrassom 2D (Bastos *et al.*, 2019; Lanzarin *et al.*, 2021). Outra fórmula, citada na literatura de medicina humana e animal, que também permite estimar o débito urinário é o volume urinário (mL) = comprimento longitudinal x largura transversal x (profundidade longitudinal + profundidade transversal /2) x 0,625 (Atalan *et al.*, 1999; Lisciandro *et al.*, 2017).

Mesmo que as fórmulas tenham uma certa precisão em estimar o volume urinário, alguns autores as consideram demoradas e podem não ser adequadas à prática clínica de rotina, entretanto, quando se faz necessária uma medição exata, pode ser o método de escolha (Atalan *et al.*, 1998). Outro autor comenta que o uso das fórmulas pode apresentar erros de cálculo principalmente em pacientes com pequeno volume de urina (<16mL), além da técnica ter uma duração estendida de tempo para os cálculos no pós-imagem (Lisciandro *et al.*, 2017).

O presente trabalho objetivou avaliar as fórmulas descritas na literatura para estimar o volume urinário por meio de imagens ultrassonográficas em cães e modelos experimentais, bem

como avaliar as variações das estimativas entre examinadores imaginologistas e não imaginologista.

2. REVISÃO DE LITERATURA

2.1. Volume urinário

A fisiologia do volume urinário se dá pela formação da urina por meio da filtração glomerular, reabsorção e secreção tubular. Por toda a extensão dos néfrons e dos ductos coletores ocorre a reabsorção e a secreção do fluido tubular, de modo que este líquido se transforma em urina assim que atinge a pelve renal, seguindo adiante em direção à sua excreção (Reece, 2017). Dessa forma, durante 24 horas a produção do volume urinário em cães aproxima de 60 mL/kg em um estado adequado de hidratação (Reece, 2009).

O volume urinário está intimamente ligado com a função e perfusão renal, sendo assim, estimar este volume significa adicionar uma nova proposta para a avaliação renal (Lisciandro *et al.*, 2017; Zuntini *et al.*, 2013). Monitorar o volume urinário de cães e gatos internados pode ser fundamental em determinar a produção de urina nesses animais, especialmente no animal cuja sua enfermidade cursa com episódios de anúria (Atalan *et al.*, 1999). Uma condição clínica que é possível ser monitorada pelo volume urinário é a lesão renal aguda, baseando-se no reconhecimento da oligúria ou até mesmo da anúria (Cole *et al.*, 2021). Outra abordagem clínica que pode ser monitorada pelo volume urinário é a fluidoterapia a fim de evitar a sobrecarga de líquidos nos pacientes (Berent, 2011). Dentre outras condições que justificam a avaliação do volume urinário, destaca-se a infecção urinária, considerando que a principal causa dessa afecção é a retenção de urina em decorrência da espasticidade dos esfíncteres, colaborando assim para o acúmulo do volume residual (Santoro; Arias, 2018).

Esquemáticamente, obstruções que interferem no fluxo da urina até a vesícula urinária podem levar a um baixo volume urinário na vesícula (Dibartola; Westropp, 2015). Enquanto em lesões neurológicas que comprometem a funcionalidade do esfíncter, a quantidade de urina armazenada na vesícula pode estar aumentada (Santoro; Arias, 2018). Em situações de atonia do detrusor, o volume urinário armazenado no compartimento vesical pode estar consideravelmente aumentado, a variar de acordo com o tempo de armazenamento (Kogika, 2017).

2.2. Avaliação do volume urinário

Um método adequado de avaliar o volume urinário é a avaliação baseada em fórmulas ultrassonográficas, além de conferir precisão à estimativa, o método é interessante por permitir uma avaliação não-invasiva (Lanzarin *et al.*, 2021). Desse modo, a vesícula urinária de cães

apresenta-se com diferentes formatos variando com o seu grau de distensão. Quando a vesícula urinária está vazia e pequena ela assume forma globular, quando distendida, sua forma assemelha-se a uma silhueta de pera (Carvalho, 2014). Assim, compreender seus diferentes formatos favorece a avaliação ultrassonográfica referente ao seu estado de repleção (Atalan *et al.*, 1998).

Outra técnica, portanto, é a avaliação do débito urinário pela colocação de um sistema fechado de drenagem urinária. No entanto, a precisão dessa técnica é dependente da quantidade de urina, além da possibilidade de infecção urinária mediada pelo emprego do cateterismo vesical (Lisciandro *et al.*, 2017; Kendall *et al.*, 2020). Quanto à cistocentese, é um método útil na avaliação do volume urinário. No entanto, mesmo que não ofereça grandes riscos de infecção, essa prática é invasiva e, repetitivamente, pode gerar lesões importantes na vesícula urinária (Carvalho, 2014).

Alternativamente, a técnica de avaliação por meio da gaiola metabólica consiste em observar e quantificar o volume miccionado durante 24 horas (Carvalho, 2015). No entanto, é uma avaliação pouco precisa devido a subjetividade da avaliação além de existir problemas extra-vesicais que impeçam o animal de miccionar adequadamente todo o volume (Carvalho, 2014). Além disso, é preferível para pacientes em estado crítico ou em fluidoterapia outras técnicas de mensuração urinária (Carvalho, 2015).

2.3. Avaliação ultrassonográfica da vesícula urinária

A vesícula urinária está localizada no abdômen caudal quando distendida, e quando vazia localiza-se parcialmente na região intrapélvica (Koning; Liebich, 2016). Sua avaliação é feita quando o órgão está repleto e distendido (Tinto *et al.*, 2021). Para isso, deve ser realizada a tricotomia do abdômen e a aplicação do gel acústico. Deste modo, recomenda-se o decúbito dorsal do paciente em detrimento da maior precisão conferida ao ultrassom 2D (Kendall *et al.*, 2020). A varredura deve ser feita caudalmente, nos planos transversal e sagital, partindo do ápice da vesícula seguindo em direção cranial, de modo que toda a extensão do órgão seja examinada (Kealy *et al.*, 2012).

O órgão apresenta uma parede hiperecogênica, na avaliação ultrassonográfica, e pode haver ou não a presença de conteúdo anecogênico no lúmen, representando a urina (Kealy *et al.*, 2012). Utilizando transdutores de alta frequência é possível distinguir as camadas da parede vesical, sendo elas a serosa a mais externa, submucosa a mais interna e a camada muscular.

Esquemáticamente, a serosa e a submucosa são visualizadas por linhas hipocogênicas divididas por uma linha hipocogênica que corresponde à camada muscular (Tinto *et al.*, 2021).

2.4. Modelos experimentais

Os modelos experimentais, também conhecidos como *phantoms*, são técnicas realistas de aprendizagem de diversos procedimentos, especialmente na capacitação de profissionais ultrassonografistas (Earle *et al.*, 2016). São ferramentas úteis para aprimorar técnicas médicas, como biópsias guiadas e punções (Cabrelli *et al.*, 2016; Kendall; Faragher, 2007). Os modelos experimentais mimetizam os tecidos orgânicos por meio da sua composição, conferindo uma imagem ultrassonográfica próxima do real (Cabrelli *et al.*, 2016). Sua composição pode ser variada, geralmente utiliza-se ágar ou gelatina em diferentes concentrações, a fim de atingir a textura e ecogenicidade próxima do tecido a ser estudado (Earle *et al.*, 2016).

Os *phantoms* na ultrassonografia foram descritos na década de 70, divididos em dois objetivos: mimetização de tecido e prática de procedimentos como biópsia. Aqueles relacionados a mimetização de tecido objetiva atingir aparência semelhante na varredura ultrassonográfica (Kendall; Faragher, 2007). Como desvantagens dos modelos experimentais, pode-se elencar sua rápida degradação e baixa estabilidade (Cabrelli *et al.*, 2016). Entretanto, seu baixo custo e aproximação da realidade torna-se a técnica de *phantom* vantajosa (Kendall e Faragher, 2007). Além disso, foi demonstrado que a utilização de modelos experimentais na capacitação de ultrassonografistas pode aumentar sua competência e técnica, garantindo um padrão de exame ainda maior (Earle *et al.*, 2016).

3. MATERIAL E MÉTODOS

Tratou-se de um estudo experimental que consistiu em uma avaliação sistemática do volume urinário, por meio do exame ultrassonográfico em modelos experimentais de vesícula urinária e em cadáveres de cães doados para a rotina do Setor de Patologia Animal do Hospital Veterinário da Universidade Federal de Uberlândia (HV-UFU). Os tutores no momento do óbito do animal assinaram um termo de doação do corpo para fins de estudo e pesquisa.

Por não ferir a ética relacionada à experimentação animal e, estando em conformidade com a legislação federal, Lei N° 11.794, de 8 de outubro de 2008, não houve necessidade de apreciação e aprovação pela Comissão de Ética na Utilização de Animais-CEUA.

3.1. Cães

Foram utilizados 9 cadáveres de cães machos, de raças e idades aleatórias, e estes foram divididos em 03 grupos: <10 kg, 10-26 kg, >26 kg de peso vivo. Os animais incluídos no estudo não apresentavam histórico de lesões no trato urinário inferior, e tinham até 12 horas de óbito, recebidos pelo setor de Patologia Animal do Hospital Veterinário – UFU.

3.2. Modelo experimental de vesícula urinária

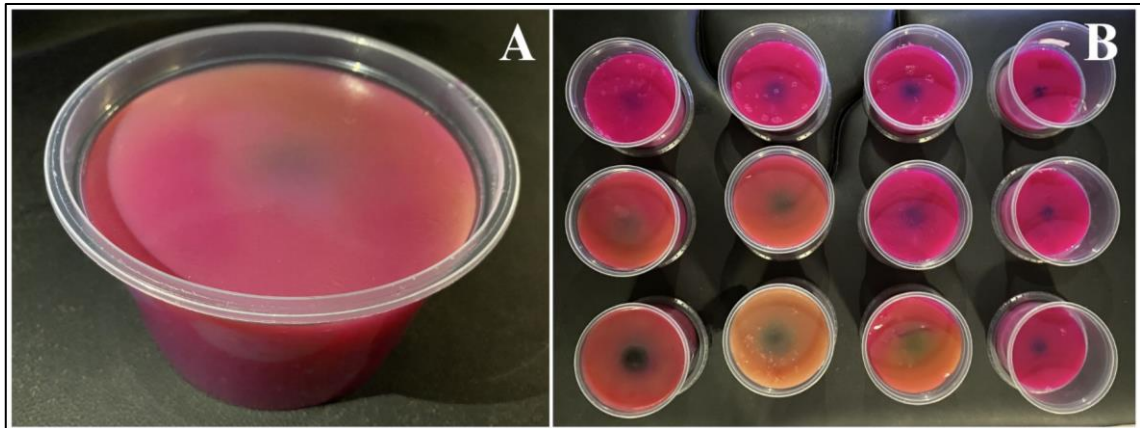
Os modelos experimentais foram confeccionados a partir de bexigas de látex para mimetizar a vesícula urinária, recipiente com capacidade de armazenamento de 1 litro e solução de ágar Dicloran Rosa Bengala Cloranfenicol em 10% para mimetizar a textura e ecogenicidade da pele, conforme as instruções do trabalho de Earle *et al.* (2016).

Para o preparo da mistura de ágar, homogeneizou-se o ágar com a água em temperatura ambiente, considerando a proporção de 10% de ágar para a quantidade total de água (Earle *et al.*, 2016). Em sequência, a mistura foi submetida a ponto de fervura leve por aproximadamente cinco minutos, mexendo-a periodicamente. Cerca de 750 mL da mistura quente foram colocados em um recipiente plástico junto a uma bexiga de látex centralizada no recipiente e repleta por um volume conhecido de água. Ademais, a mistura foi colocada de modo que cobrisse totalmente a bexiga de látex e, em aproximadamente 15-20 minutos, ela se solidificou (Figura 1 – A).

Utilizaram-se 12 modelos experimentais de vesícula urinária (Figura 1–B), sendo estes divididos em 03 grupos que mimetizaram a vesícula urinária de cães com 7 kg, 14 kg e 28 kg. Para cada grupo, foram confeccionados 04 modelos experimentais. Cada bexiga foi preenchida

com água em volumes conhecidos, sendo: 0,5 mL/kg para estudar o volume residual, 5 mL/kg para pequeno volume; 7,5 mL/kg para médio volume e 10 mL/kg para grande volume, como propõe o estudo de Kendall *et al.* (2020), respectivamente volumes A, B, C e D.

Figura 1 – Modelos experimentais de diferentes volumes



Fonte: Acervo próprio.

Nota: A figura 1-A mostra o modelo experimental mimetizando o médio volume (7,5 mL/kg) de um cão de 14 kg. Já a figura 1-B mostra os doze modelos experimentais confeccionados para o estudo, sendo os quatro superiores aqueles referentes ao grupo de cão com 7 kg, os quatro do meio referem-se ao grupo de cães com 14 kg e os quatro inferiores correspondem aos volumes de cães com 28 kg. Fonte: Acervo próprio.

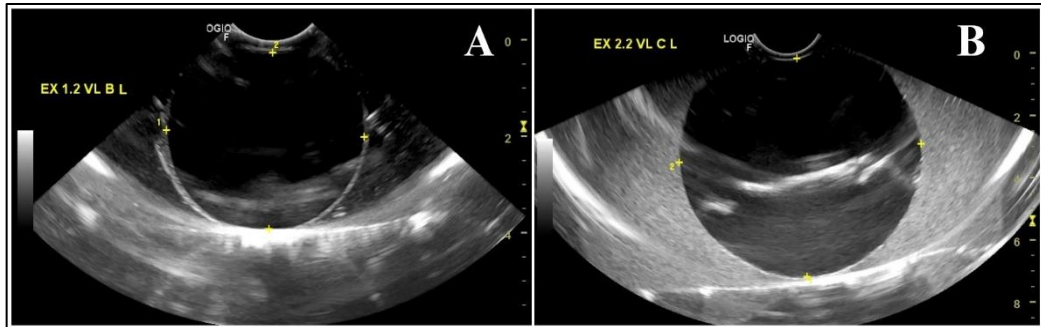
3.3. Exame ultrassonográfico

Primeiramente, os cadáveres foram preparados para exame ultrassonográfico com tricotomia e em seguida submetidos ao cateterismo uretral a fim de esvaziar completamente a vesícula urinária, sendo confirmado o esvaziamento pela ultrassonografia. Posteriormente, a vesícula urinária foi preenchida com solução fisiológica (NaCl em 0,9%) respeitando os mesmos volumes (residual, pequeno, médio e grande volume) feitos nos modelos experimentais. Para cada volume, foi realizada a imagem ultrassonográfica bidimensional, utilizando aparelho de ultrassonografia Logiq F6 da marca GE, e transdutor microconvexo multifrequencial (7,5-10 MHz).

A avaliação ultrassonográfica e as estimativas de volume urinário foram realizadas por três examinadores, sendo dois imaginologistas e um não imaginologista, a fim de comparar os resultados obtidos. A varredura da vesícula urinária foi realizada em janela cistocólica, com o uso do gel, nos planos transversal e sagital, conforme ilustra a Figura 3. Similarmente, a varredura das bexigas de látex foi feita nos planos transversal e sagital, conforme ilustra a Figura 2, utilizando também o gel acústico. Em cada plano foram realizadas 3 imagens, obtendo

as medidas de comprimento e altura no plano sagital e largura e altura no plano transversal. Em seguida, utilizou-se a média entre as medidas para os cálculos.

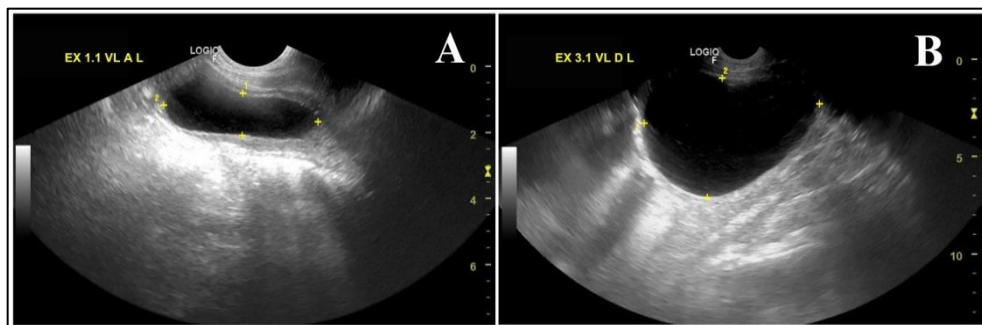
Figura 2 – Imagens ultrassonográficas das vesículas de látex de modelos experimentais



Fonte: Acervo próprio.

Nota: A figura 2-A mostra a imagem ultrassonográfica do pequeno volume (5 mL/kg) e o médio volume (7,5 mL/kg) na figura 2-B, respectivamente em modelos experimentais que mimetizaram a vesícula urinária de cães de 7 kg e 28 kg. Fonte: Acervo próprio.

Figura 3 – Imagens ultrassonográficas das vesículas urinárias de cadáveres de cães



Fonte: Acervo próprio.

Nota: A figura 3-A mostra a imagem ultrassonográfica do volume residual (0,5 mL/kg) e o grande volume (10 mL/kg) na figura 3-B em um cão do estudo com 21,9 kg. Fonte: Acervo próprio.

3.4. Fórmulas para determinação do volume urinário

Utilizaram-se três fórmulas descritas na literatura para avaliação do volume urinário estimado por meio de ultrassonografia, sendo elas:

- Fórmula 1 - $VU (mL) = C \times L \times AL \times 0,52$
- Fórmula 2 - $VU (mL) = C \times L \times \frac{AL \times AT}{2} \times 0,625$
- Fórmula 3 - $VU (mL) = C \times L \times AL \times 0,2\pi$

Nota: Volume urinário (VU); comprimento (C); largura (L); altura longitudinal (AL); altura transversal (AT).

3.5. Análise estatística

Os diferentes volumes obtidos das três fórmulas, bem como os volumes conhecidos nos diferentes cenários (cadáveres e modelos experimentais) foram avaliados quanto a sua concordância, empregando o método de Bland-Altman e o Coeficiente de Correlação de Concordância de Lin (CCC). O viés foi definido como a diferença média entre os dois métodos analisados, e os limites superior e inferior foram calculados empregando o viés $\pm 1,96$ vezes o desvio padrão (SD) (Bland; Altman, 1986). Os coeficientes de correlação de concordância de Lin foram classificados em três categorias: alta ($>0,90$), moderada ($0,75-0,90$) e baixa ($<0,75$) (Lin, 1989). Todas as análises e a composição gráfica foram realizadas com o programa estatístico MedCalc®, versão 20.218.

4. RESULTADOS

As fórmulas se mostraram precisas na estimativa do volume urinário, mesmo em cães de pequeno, médio e grande porte e também para avaliar o volume residual, pequeno, médio e grande volume. No entanto, foi observado que à medida que o volume aumentava, a precisão das fórmulas diminuía, proporcionalmente.

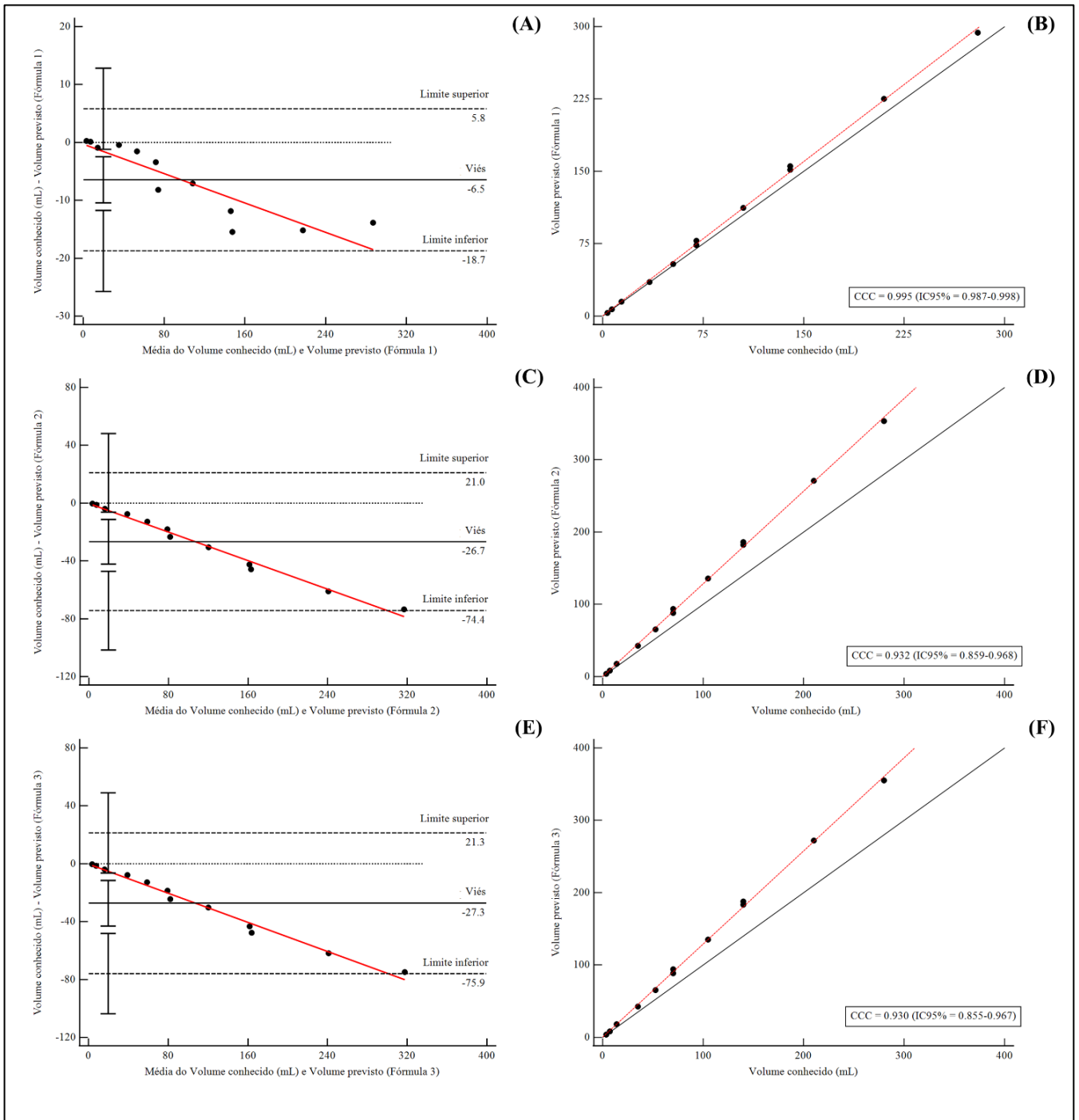
A fórmula 1 obteve a melhor estimativa dos volumes estudados em modelo experimental (99,5%) e em cadáveres (94,5%). Porém, não foi muito distante dos valores encontrados na fórmula 2 (96,1% e 93,2%) e na fórmula 3 (93% e 95,7%). Nesse sentido, o erro das estimativas obtidas a partir das três fórmulas do estudo foi inferior a 10%. As fórmulas 2 e 3 foram mais precisas quando utilizadas para estimar médios e grandes volumes.

Utilizando o método de Bland-Altman e o Coeficiente de Correlação de Concordância de Lin (CCC), comparou-se a diferença entre o volume estimado e o conhecido para avaliar a precisão das fórmulas do presente estudo. No volume residual e em pequenos volumes a diferença entre os valores é menor quando comparada com grandes volumes em todas as fórmulas e em ambos os grupos amostrais, ou seja, quanto menor a quantidade de líquido na vesícula urinária mais precisa a estimativa da fórmula (Figura 4 e 5).

Todas as medidas das vesículas urinárias, utilizadas no presente estudo, foram repetidas três vezes e analisadas quanto ao coeficiente de variação. A maior variação entre as medidas foi observada quando a vesícula urinária foi preenchida pelo volume residual (A) e a menor, quando preenchida pelo grande volume (D). Dessa forma, pode-se afirmar que a delimitação da vesícula urinária é mais precisa enquanto repleta.

No grupo dos modelos experimentais observaram-se valores negativos na Figura 4 (Gráficos A, C, E) que indicaram que os valores estimados foram superiores aos valores conhecidos em todos os volumes de líquido analisados. Dessa forma, foi possível afirmar que os empregos dessas fórmulas ultrassonográficas superestimaram o volume urinário discretamente no grupo dos modelos experimentais. O mesmo não foi observado em todos os grupos de cadáveres.

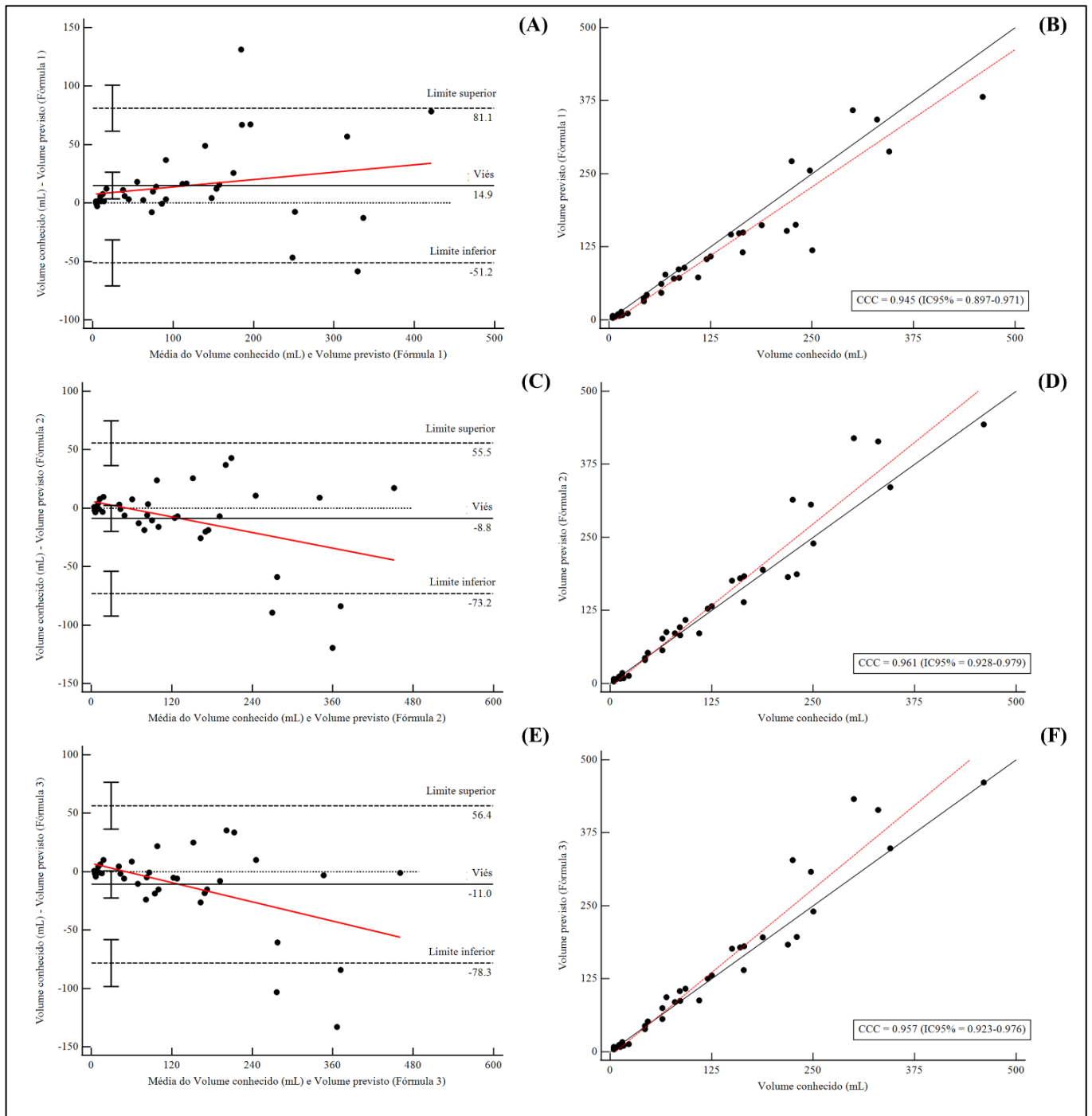
Figura 4 – Gráficos de Bland-Altman e Concordância entre o volume urinário conhecido e os volumes estimados em modelos experimentais



Fonte: O autor.

Nota: (A) Gráfico de Bland-Altman mostrando a variabilidade entre o volume urinário conhecido e o volume calculado pela fórmula 1. (B) Gráfico de dispersão entre o volume urinário calculado pela fórmula 1 e o volume conhecido. (C) Gráfico de Bland-Altman mostrando a variabilidade entre o volume urinário conhecido e o volume calculado pela fórmula 2. (D) Gráfico de dispersão entre o volume urinário calculado pela fórmula 2 e o volume conhecido. (E) Gráfico de Bland-Altman mostrando a variabilidade entre o volume urinário conhecido e o volume calculado pela fórmula 3. (F) Gráfico de dispersão entre o volume urinário calculado pela fórmula 3 e o volume conhecido. Coeficiente de Correlação de Concordância de Lin (CCC), Intervalo de confiança de 95% (IC95%).

Figura 5 – Gráficos de Bland-Altman e Concordância entre o volume urinário conhecido e os volumes estimados em cadáveres caninos



Fonte: O autor.

Nota: (A) Gráfico de Bland-Altman mostrando a variabilidade entre o volume urinário conhecido e o volume calculado pela fórmula 1. (B) Gráfico de dispersão entre o volume urinário calculado pela fórmula 1 e o volume conhecido. (C) Gráfico de Bland-Altman mostrando a variabilidade entre o volume urinário conhecido e o volume calculado pela fórmula 2. (D) Gráfico de dispersão entre o volume urinário calculado pela fórmula 2 e o volume conhecido. (E) Gráfico de Bland-Altman mostrando a variabilidade entre o volume urinário conhecido e o volume calculado pela fórmula 3. (F) Gráfico de dispersão entre o volume urinário calculado pela fórmula 3 e o volume conhecido. Coeficiente de Correlação de Concordância de Lin (CCC), Intervalo de confiança de 95% (IC95%).

A tabela 1 ilustra a comparação dos volumes estimados obtidos pelos dois examinadores imaginologistas e o não imaginologista a partir da fórmula 1, em modelos experimentais e cães. Já a figura 6 demonstra em porcentagem a quantidade de vezes em que os examinadores imaginologistas foram mais precisos nas estimativas (tabela 1) do que o não imaginologista. Desse modo, os examinadores imaginologistas foram mais precisos na estimativa do volume urinário do que o examinador não imaginologista. Além disso, o examinador não imaginologista tendeu a subestimar o valor conhecido na maioria das suas estimativas. Entretanto, houve uma baixa diferença entre as estimativas dos examinadores.

Tabela 1 – Comparação entre o volume conhecido e estimado pelos examinadores imaginologistas e não imaginologista

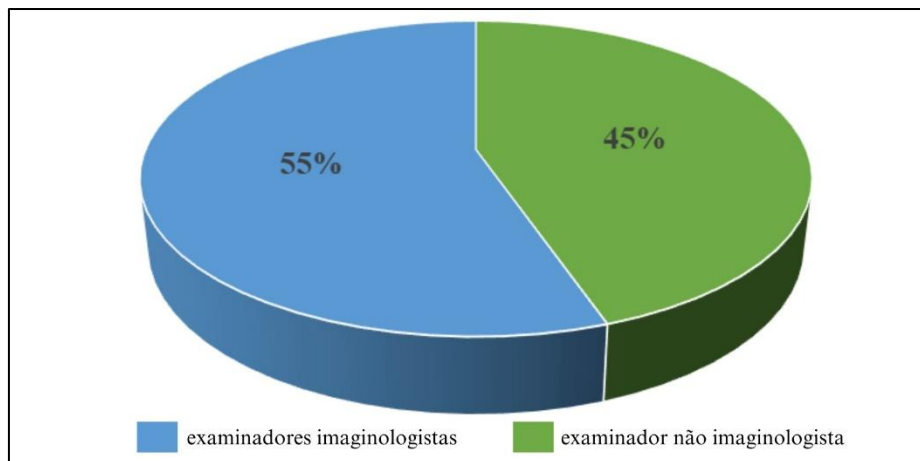
Volume conhecido	Volume estimado pelos EI	Volume estimado pelo ENI
3,50	3,15	3,43
35	35,23	35,76
52,50	54,35	53,49
70	77,23	80,16
7	6,80	7,09
70	74,65	70,86
105	110,81	114,52
140	153,02	149,46
14	15	14,83
140	155,75	154,78
210	221,64	232,25
280	303,65	274,25
4,27	9,31	2,37
42,75	39,28	38,76
64,12	65,57	53,82
85,5	96,57	65,64
4,62	3,75	2,43
46,25	43,12	43,12
69,37	84,86	62,38
92,5	90,69	86,19
4,3	5,10	4,63
43	30,04	35,81
64,5	54,24	30,60
86	83,18	49,59
8	6,44	5,98
80	71,96	67,21
120	113,19	84,38
160	161,17	121,23
10,95	9,22	10,46
109,5	76,05	65,66
164,5	120,99	104,75
219	153,51	149,49
12,52	7,32	6,45
125,2	112,06	101,74
187,8	171,57	143,24
250,4	216,04	165,33
16,5	8,07	9,77
165	162,28	123,62
247,5	258,60	248,41

330	352,88	322,82
23	10,41	11,86
230	148,52	190,88
345	313,74	237,12
460	419,18	306,98
15	15,62	9,39
150	167,18	103,47
225	295,26	224,57
300	372,21	331,23

Fonte: O autor.

Nota: As siglas EI e ENI significam examinadores imagiologista e examinador não imagiologista, respectivamente. Os volumes foram expressos em mililitros (mL). O volume conhecido é aquele volume sabidamente adicionado à vesícula urinária vazia. Já o volume estimado é aquele dado pela estimativa da fórmula 1 (comprimento x largura x altura longitudinal x 0,52).

Figura 6 – Comparação da quantidade de vezes em que os examinadores imagiologistas obtiveram estimativas mais precisas do que o não imagiologista



Fonte: O autor.

Nota: Foram comparadas as 48 estimativas (tabela 1) feitas a partir da fórmula 1 entre os examinadores imagiologistas e o não imagiologista. A cor azul (55%) representa os examinadores imagiologistas, enquanto a cor verde (45%) representa o examinador não imagiologista.

O relaxamento dos esfíncteres e a dificuldade em reter o líquido no interior das vesículas urinárias foram alguns desafios observados ao longo da execução deste experimento com cadáveres. Ademais, algumas alterações foram observadas em alguns cadáveres, como a presença de líquido livre abdominal antes da manipulação vesical, repleção e presença de gás no cólon, além de cães obesos.

5. DISCUSSÃO

No presente estudo, o erro das estimativas a partir das fórmulas não foi superior a 10%, mesmo na avaliação em modelos experimentais ou em cadáveres de cães. Esse resultado vai ao encontro com o estudo de DiFazio *et al.*, (2020) e Araklitis *et al.* (2019), nos quais foram observados um erro inferior a 15% das fórmulas empregadas *in vivo* em humanos e cães. Dicuio *et al.* (2005) obtiveram resultados piores em humanos, com um erro das fórmulas inferior a 25%. O valor do erro pode ser influenciado pelo método matemático adotado, por variações entre os examinadores ou até mesmo pelo decúbito (DiFazio *et al.*, 2020). Dessa forma, por utilizarmos as mesmas fórmulas e metodologias similares que os trabalhos acima, acredita-se que o menor erro encontrado no presente estudo possa ter relação com o grupo amostral adotado, composto por modelos experimentais e cadáveres.

Dentre as três fórmulas testadas, a fórmula 1 obteve a maior precisão, por meio da ultrassonografia 2D, na estimativa dos diferentes volumes, corroborando com os estudos de Araklitis *et al.* (2019) e Kendall *et al.* (2020), em humanos e cães pela ultrassonografia 2D e 3D, que também obtiveram a maior precisão por meio desta mesma fórmula. Em adição, os autores apontaram que a precisão da estimativa pode ser ainda maior se avaliada por meio da ultrassonografia tridimensional (Vasquez *et al.*, 2021; Kendall *et al.*, 2020).

Para médios e grandes volumes, as fórmulas 2 e 3 obtiveram melhores resultados de precisão. Isso também foi observado nos trabalhos de Kendall *et al.* (2020) e Lisciandro *et al.* (2017), especialmente na estimativa de médios e grandes volumes em cães e gatos *in vivo* e também em modelos experimentais. Diferentemente, Atalan *et al.* (1999) identificaram a maior precisão da estimativa da fórmula 3 para o volume residual, porém esse estudo foi realizado com cães vivos com lesões no trato urinário inferior e não foi quantificado o volume conhecido por meio do cateterismo uretral.

A precisão da estimativa das três fórmulas foi maior nos pequenos volumes, especialmente na estimativa do volume residual, com uma queda gradual à medida que aumentavam os volumes. DiFazio *et al.* (2020) obtiveram resultados diferentes com uma menor precisão na estimativa do volume urinário em pequenos volumes. Vale ressaltar que a metodologia do trabalho também difere do presente estudo, uma vez que foi utilizado o dispositivo BladderScan Prime Plus e ultrassonografia 3D na estimativa urinária.

A precisão da estimativa das três fórmulas foi menor nos médios e grandes volumes. Alguns fatores que podem alterar a precisão, principalmente na estimativa de grandes volumes,

como por exemplo, o grau de distensão da vesícula urinária, a dificuldade de delimitá-la em grandes distensões (Figura 3-B) e fatores operador-dependentes (Lanzarin *et al.*, 2021). Nesse contexto, os autores Kendall *et al.* (2020) apontaram a ultrassonografia 3D como forma de solucionar a dificuldade de delimitação da vesícula urinária em grandes graus de distensão.

A estimativa do volume urinário, pelos mesmos examinadores, foi mais precisa nos modelos experimentais do que nos diferentes grupos de cadáveres de cães. Algumas limitações como obesidade, neoplasias ou alterações abdominais, lesões na vesícula urinária e seu grau de repleção, bem como a pressão do transdutor sobre a pele são causas que afetam a precisão das fórmulas (Kendall *et al.*, 2020; Lanzarin *et al.*, 2021; Lisciandro *et al.*, 2017). Desse modo, é justificável que a estimativa seja mais precisa em modelos experimentais. Além disso, a presença de líquido livre abdominal, obesidade e a repleção do cólon, acompanhada com gás, foram limitações observadas nos cães com piores desempenhos durante a avaliação do volume urinário. Assim, acredita-se que essas limitações influenciaram a imprecisão da estimativa nestes cães.

Embora as fórmulas de estimativa do volume urinário forneceram uma estimativa precisa, os autores relataram que elas podem não ser práticas à rotina clínica devido à complexidade matemática envolvida e que podem apresentar dificuldades para examinadores não imaginologistas (Araklitis *et al.*, 2019; DiFazio *et al.*, 2020). No entanto, mesmo que as estimativas dos imaginologistas foram mais precisas no presente estudo, os profissionais não imaginologistas também apresentaram bons resultados. Quanto à complexidade matemática, recomenda-se o auxílio de equipamentos eletrônicos ou até mesmo softwares para a resolução da fórmula, com a finalidade de minimizar o tempo gasto e também evitar imprecisões por falhas no cálculo.

Quanto a variação da estimativa por meio da fórmula 1 entre os examinadores imaginologistas e o não imaginologista (Tabela 1), observou-se que os examinadores, em especial o não imaginologista, tenderam a subestimar o volume conhecido presente na vesícula urinária. Em estudos anteriores, os autores obtiveram a mesma tendência da fórmula 1 em subestimar o valor conhecido, sugerindo ser uma característica intrínseca da fórmula em questão (Araklitis *et al.*, 2019; Dicuio *et al.*, 2005; Lisciandro *et al.*, 2017). Por outro lado, a tendência de subestimar o valor conhecido também pode ser pela possibilidade do vazamento de parte do líquido pelo catéter urinário (Kendall *et al.*, 2020).

No trabalho de DiFazio *et al.* (2020) foi apontado que as variações das estimativas feitas por imaginologistas foram menores e mais precisas que as feitas por não imaginologistas. Em concordância com o presente estudo, acredita-se que a familiaridade prévia com a

ultrassonografia pode aumentar ainda mais a precisão das estimativas e diminuir sua variação (DiFazio *et al.*, 2020).

Em decorrência do relaxamento dos esfíncteres dos cadáveres de cães, foi preferível não incluir cadelas devido à dificuldade de ocluir a uretra e garantir que o líquido não extravasasse. Enquanto que com cadáveres de cães foi possível sondar e manter o líquido com o auxílio de uma pinça hemostática ocluindo a uretra. Mesmo que os critérios de inclusão para cadáveres foram aqueles com óbito inferior a 12 horas, a maioria dos cadáveres estavam frescos e sem alterações cadavéricas evidentes.

Mesmo que o presente estudo foi executado a partir de cadáveres de cães e modelos experimentais, as fórmulas podem ser usualmente aplicadas para estimar o volume urinário de cães e cadelas, especialmente os hospitalizados. Além disso, as fórmulas utilizadas foram previamente testadas *in vivo* em cães, gatos e até mesmo em humanos (Araklitis *et al.*, 2019; Kendall *et al.*, 2020; Lisciandro *et al.*, 2017). Acredita-se também que este método de estimativa do volume urinário pode ser extrapolado para outras espécies de mamíferos. Mas para isso, faz-se necessário mais estudos envolvendo outras espécies.

6. CONCLUSÃO

O erro das estimativas feitas a partir das três fórmulas testadas foi inferior a 10%, mesmo na avaliação em modelos experimentais e em cães de diferentes pesos. Dentre as três fórmulas empregadas no estudo, a estimativa da fórmula 1 obteve a maior aproximação do volume conhecido. As fórmulas foram mais precisas na estimativa de pequenos volumes, diminuindo sua precisão à medida que avançava os volumes. Obesidade, presença de líquido livre abdominal e repleção do cólon são alterações visualizadas nos cães com os piores resultados das estimativas, assim, acredita-se que essas alterações estejam relacionadas indiretamente com a precisão das fórmulas. Houve variação na estimativa dos examinadores imaginologistas e não imaginologista, no entanto a variação observada foi baixa. Assim, acredita-se que profissionais não imaginologistas também possam atingir estimativas precisas. Dessa forma, conclui-se que a estimativa do volume urinário por meio da ultrassonografia é um método preciso e não invasivo, sendo caracterizada como um método alternativo e viável para a avaliação do trato urinário.

REFERÊNCIAS

- Araklitis, G.; Paganotto, M.; Hunter, J.; *et al.* Can we replace the catheter when evaluating urinary residuals? **Neurology and Urodynamics**, v. 38, n. 4, p. 1100-1105, 2019.
- Atalan, D. V. M. G.; Barr, F. J.; Holt, P. E. Frequency of urination and ultrasonographic estimation of residual urine in normal and dysuric dogs. **Research in Veterinary Science**, v. 68, p. 295-299, 1999.
- Atalan, D. V. M. G.; Barr, F. J.; Vet, M. B.; *et al.* Estimation of bladder volume using ultrasonographic determination of cross-sectional areas and linear measurements. **Veterinary Radiology & Ultrasound**, v. 39, n. 5, p. 446-450, 1998.
- Bastos, M. G.; Vieira, A. L. S.; Júnior, J. M. P. Uso da ultrassonografia “point-of-care” na prática nefrológica: Transpondo os limites do trato urinário. **HU rev**, v. 45, n. 3, p. 341-351, 2019.
- Berent, A. C. Ureteral obstructions in dogs and cats: a review of traditional and new interventional diagnostic and therapeutic options. **Journal of Veterinary Emergency and Critical Care**, v. 21, n. 2, p. 86-103, 2011.
- Bland, J. M.; Altman, D. Statistical methods for assessing agreement between two methods of clinical measurement. **The lancet**, v. 327, n. 8476, p. 307-310, 1986.
- Cabrelli, L. C.; Pelissari, P. I. B. G. B.; Deana, A. M.; *et al.* Stable phantom materials for ultrasound and optical Imaging. **Phys. Med. Biol.**, v. 62, n. 2, p. 432-447, 2016.
- Carvalho, M. B. Insuficiência Renal Aguda. Em: Jericó, M. M.; Neto, J. P. A.; Kogika, M. M. Tratado de Medicina Interna de Cães e Gatos. **Roca**, 1ª ed., p. 4106-4193, 2015.
- Carvalho, M. B. Semiologia do Sistema Urinário. Em: Feitosa, F. L. F. **Semiologia Veterinária: a arte do diagnóstico**. ROCA, 3ª ed., p. 428-448, 2014.
- Cole, L.; Humm, K.; Dirrig, H. Focused Ultrasound Examination of Canine and Feline Emergency Urinary Tract Disorders. **Vet. Clin. Small Anim.**, v. 51, p. 1233-1248, 2021.
- Dibartola, S. P.; Westopp, J. L. Urolitíase Canina e Felina. Em: Nelson, R. W.; Couto, C. G. **Medicina Interna de Pequenos Animais**. Elsevier, 5ª ed., 2015.
- Dicuo, M.; Pomara, G.; Fabris, F. M.; *et al.* Measurements of urinary bladder volume: comparison of five ultrasound calculation methods in volunteers. **Archivo Italiano di Urologia e Andrologia**, v. 77, n. 1, 2005.
- Difazio, M. R.; Thomason, J. D.; Cernicchiaro, N.; *et al.* Evaluation of a 3-dimensional ultrasound device for noninvasive measurement of urinary bladder volume in dogs. **Journal of Veterinary Internal Medicine**, v. 34, p. 1488-1495, 2020.
- Earle, M.; Portu, G.; Devos, E. Agar ultrasound phantoms for low-cost training without refrigeration. **African Journal of Emergency Medicine**, v. 6, p. 18-23, 2016.
- Kealy, J. K.; Graham, J. P.; McAllister, H. Radiologia e Ultrassonografia do Cão e do Gato. **Elsevier**, 5ª ed., 2012.

- Kendall, A.; Keenihan, E.; Kern, Z. T.; *et al.* Three-dimensional bladder ultrasound for estimation of urine volume in dogs with traditional 2-dimensional ultrasound methods. **Journal of Veterinary Internal Medicine**, v. 34, p. 2460-2467, 2020.
- Kendall, J. L. e Faragher, J. P. Ultrasound-guided central venous access: a homemade phantom for simulation. **Canadian Journal of Emergency Medicine**, v. 9, n. 5, p. 371-373, 2007.
- Kogika, M. M. Infecção de trato urinário em cães: diagnóstico, causas e tratamento. **Agener União**, v. 2, p. 1-34, 2017.
- Koning, H. E.; Liebich, H. G. Anatomia dos Animais Domésticos. **Artmed**, 6ª ed., 2016.
- Lanzarin, J. V. M.; Souza, M. B.; Pinheiro, J. H. P.; *et al.* Avaliação do volume urinário: comparação do desempenho do equipamento de ultrassonografia portátil de bexiga Mobissom com o equipamento de mesa. **Mundo da Saúde**, v. 45, 2021.
- Lin, L. I.-K. A concordance correlation coefficient to evaluate reproducibility. **Biometrics**, v. 45, n. 1, p. 255-268, 1989.
- Lisciandro, G. R.; *et al.* Use of urinary bladder measurements from a point-of-care cysto-colic ultrasonographic view to estimate urinary bladder volume in dogs and cats. **Veterinary Emergency and Critical Care Society**, 2017.
- Lopes, K. R.; Nicolussi, A. C. Vantagens da Ultrassonografia de bexiga na mensuração de volume urinário em pacientes críticos: revisão integrativa. Rio de Janeiro: **Rev. Enferm. UERJ**, v. 29, 2021.
- Reece, W. O. Functional Anatomy and Physiology of Domestic Animals. **Wiley-Blackwell**, 4ª ed., 2009.
- Reece, W. O. Sistema Renal: estruturas e funções. Em: REECE, W. O. Fisiologia dos Animais Domésticos. **Guanabara Koogan**, 13ª ed., 2017.
- Santoro, M. B.; Arias, M. V. B. Complicações observadas em cães e gatos com doenças neurológicas. **Pesq. Vet. Bras.**, v. 38, n. 6, p. 1159-1171, 2018.
- Tinto, S. T.; Avante, M. L.; Neira, L. M.; *et al.* Estudo ultrassonográfico da bexiga urinária de cães e correlações com achados clínicos laboratoriais: estudo retrospectivo. **ARS VETERINÁRIA**, v. 37, n. 4, p. 312-320, 2021.
- Vasquez, E. J.; Kendall, A.; Musulin, S.; *et al.* Three-dimensional bladder ultrasound to measure daily urinary bladder volume in hospitalized dogs. **Journal of Veterinary Internal Medicine**, DOI: 10.1111/jvim.16232, 2021.
- Zuntini, B. A.; Hirota, I. N.; Giroto, C. H.; *et al.* Mensuração do débito urinário em cães saudáveis, previamente sedados com acepromazina associada à metadona, mantidos sob anestesia inalatória a base de isoflurano. **Revista de Educação Continuada em Medicina Veterinária e Zootecnia do CRMV-SP**, v. 11, n. 3, p. 64-64, 2013.