

**UNIVERSIDADE FEDERAL DE UBERLÂNDIA  
FACULDADE DE MEDICINA VETERINÁRIA  
MEDICINA VETERINÁRIA**

**Júlia Lima Rodrigues**

**UTILIZAÇÃO DA ULTRASSONOGRAFIA PARA MENSURAÇÃO DO  
VOLUME VESICAL EM FELINOS DOMÉSTICOS**

**UBERLÂNDIA-MG**

**2025**

**Júlia Lima Rodrigues**

**UTILIZAÇÃO DA ULTRASSONOGRAFIA PARA MENSURAÇÃO DO  
VOLUME VESICAL EM FELINOS DOMÉSTICOS**

Trabalho de conclusão de curso apresentado à  
Faculdade de Medicina Veterinária da Universidade  
Federal de Uberlândia como requisito à conclusão do  
curso de Medicina Veterinária.

Área de concentração: Medicina Veterinária

Orientador: Prof, Dr. Leandro Zuccolotto  
Crivellenti

**UBERLÂNDIA-MG**

**2025**

Ficha Catalográfica Online do Sistema de Bibliotecas da UFU  
com dados informados pelo(a) próprio(a) autor(a).

R696 Rodrigues, Julia Lima, 2003-  
2025 UTILIZAÇÃO DA ULTRASSONOGRAFIA PARA MENSURAÇÃO DO VOLUME VESICAL EM FELINOS DOMÉSTICOS [recurso eletrônico] / Julia Lima Rodrigues. - 2025.

Orientador: Leandro Zuccolotto Crivellenti.  
Trabalho de Conclusão de Curso (graduação) - Universidade Federal de Uberlândia, Graduação em Medicina Veterinária.  
Modo de acesso: Internet.  
Inclui bibliografia.

1. Veterinária. I. Crivellenti, Leandro Zuccolotto,1983-, (Orient.). II. Universidade Federal de Uberlândia. Graduação em Medicina Veterinária. III. Título.

CDU: 619

Bibliotecários responsáveis pela estrutura de acordo com o AACR2:  
Gizele Cristine Nunes do Couto - CRB6/2091  
Nelson Marcos Ferreira - CRB6/3074

JÚLIA LIMA RODRIGUES

**UTILIZAÇÃO DA ULTRASSONOGRAFIA PARA MENSURAÇÃO DO VOLUME  
VESICAL EM FELINOS DOMÉSTICOS**

Trabalho de Conclusão de Curso ou  
Dissertação ou Tese apresentado à Faculdade...  
ou Instituto... da Universidade Federal de  
Uberlândia como requisito parcial para  
obtenção do título de bacharel, especialista,  
mestre ou doutor em

Área de concentração: Medicina Veterinária

Uberlândia, 19/09/2025

Banca Examinadora:

---

Lara Vilela Soares, Doutoranda FMVZ/UFU

---

Leandro Zuccolotto Crivellenti; PhD; FMVZ/UFU

---

Márcio Machado Costa; Dr; FMVZ; UFU

## AGRADECIMENTOS

Agradeço primeiramente a meus pais que sempre estiveram presentes em minha trajetória, depositando em mim confiança e me dando o alicerce necessário para que eu chegassem até o dia de hoje, sempre me incentivando a ir além e conquistar meu caminho, me dando amparo, amor e segurança para que isso ocorra. Obrigada, pai e mãe.

Ao meu irmão, que se tornou meu melhor amigo ao longo da vida e quem sempre me ouve e faz questão de sempre me dizer que tem orgulho da irmã que sou. Sem suas palavras e sem seus conselhos, esta trajetória teria sido mais difícil.

Aos meus amigos e colegas de sala, que todos os dias estavam comigo em aulas, nos cafés, nas horas de estudos, nas horas de diversão ou de tristeza. Eduardo, Isabele, João Vitor e Lucas, vou levar vocês no coração para onde eu for. Obrigada por toda a parceria, conselhos e presença. A todos os demais amigos que fiz durante à graduação: Lara, Laura, Julia, Mariana, Delcio, Camila, Giovana, Wender, Gean... e muitos outros que poderia citar, vocês têm um cantinho especial no meu coração e agradeço ao destino ter colocado amigos tão bons em minha trajetória. Alguns que, para além da amizade, carrego como inspiração e agora como colegas de profissão, Delcio, Mari e Lucas, vocês são incríveis.

Ao meu orientador, que desde o início me incentivou a executar com perfeição os experimentos e toda a parte científica teórica, sendo presente apesar de todos os seus afazeres e me dando palavras de incentivo quando entrava em desespero nesse processo todo.

À Médica Veterinária, Suzana Akemi, quem me proporcionou o primeiro contato com o Hospital Veterinário logo no início da graduação, no Projeto de Castração. Obrigada, Su, você é uma mãezona a todos os seus filhotes do projeto. Sem você, o início da graduação, ainda na pandemia, teria sido com certeza desanimador, mas a sua acolhida nos fez sentir a quanto legal e satisfatória a Medicina Veterinária seria a partir dali.

## RESUMO

O padrão ouro de mensuração de volume urinário em felinos, assim como nas outras espécies, é realizado por cateterismo uretral em sistemas fechado. No entanto, para essa espécie existem muitas adversidades relacionadas com a cateterização, como infecção urinária, trauma uretral, estenose uretral, entre outros. Alternativamente a mensuração do volume urinário da vesícula urinária por ultrassonografia é um método não invasivo, que vem ganhando espaço na medicina em pacientes internados que necessitam de monitoramento do volume urinário e investigar a urina residual. Na medicina veterinária esforços buscando menor invasividade tem apresentado frutos iniciais em cães, mas pouco se sabe sobre a mensuração do volume urinário em felinos. Objetiva-se com esse trabalho mensurar o volume urinário por meio da ultrassonografia em gatos, a fim de identificar a eficácia do método e buscar a validação de uma expressão matemática que seja eficaz à demanda em questão. Para tal foram realizadas infusões de solução fisiológica 0,9% nas vesículas urinárias completamente vazias de 6 cadáveres felinos, em volumes crescentes e, em seguida, será realizado uma aferição ultrassonográfica em plano transversal para obtenção das medidas necessárias às fórmulas selecionadas para a condução deste trabalho.

**Palavras-chave:** aferição volumétrica, vesícula urinária, cateterismo uretral.

## ABSTRACT

The gold standard for measuring urinary volume in felines, as in other species, is through urethral catheterization in closed systems. However, for this species, there are many adversities related to catheterization, such as urinary tract infection, urethral trauma, urethral stenosis, among others. Alternatively, measuring urinary bladder volume by ultrasound is a non-invasive method that is gaining ground in medicine for hospitalized patients who require urinary volume monitoring and investigation of residual urine. In veterinary medicine, efforts aimed at reducing invasiveness have shown initial success in dogs, but little is known about measuring urinary volume in cats. The objective of this study is to measure urinary volume using ultrasound in cats, to identify the efficacy of the method and validate a mathematical expression that is effective for the demand at hand. For this purpose, infusions of 0.9% physiological saline were performed into the completely empty urinary bladders of 6 feline cadavers, in increasing volumes, and then ultrasound measurements will be taken in a transverse plane to obtain the necessary measurements for the formulas selected for this study.

**Keywords:** volumetric measurement, urinary bladder, urethral catheterization.

## SUMÁRIO

<b>1. INTRODUÇÃO .....</b>	<b>9</b>
<b>2. OBJETIVOS .....</b>	<b>10</b>
<b>2.1 GERAL .....</b>	<b>10</b>
<b>2.2 ESPECÍFICO.....</b>	<b>10</b>
<b>3. MATERIAL E MÉTODOS .....</b>	<b>11</b>
<b>3.1 MENSURAÇÃO DE VOLUME URINÁRIO POR ULTRASSONOGRAFIA .....</b>	<b>11</b>
<b>3.2 ANIMAIS .....</b>	<b>11</b>
<b>3.3 PREPARO.....</b>	<b>11</b>
<b>3.4. MENSURAÇÃO .....</b>	<b>12</b>
<b>4. Fórmulas e Cálculos .....</b>	<b>14</b>
<b>4.1. ANÁLISE ESTATÍSTICA .....</b>	<b>14</b>
<b>5. Resultados .....</b>	<b>15</b>
<b>6. Discussão .....</b>	<b>30</b>
<b>7. CONCLUSÃO.....</b>	<b>33</b>

## 1.INTRODUÇÃO

A aferição precisa do volume urinário é essencial na prática clínica e na pesquisa médica, especialmente em pacientes críticos que demandam monitoramento rigoroso da diurese. Na medicina veterinária, diversos métodos tem sido utilizados para essa finalidade, incluindo a gaiola metabólica, que conta com uma projeção inclinada de aço galvanizado que direciona a urina para um *dispenser* que permite coleta da urina (Carriel Benitez, 2010); a caixa de “areia especial”, em que há sensores de umidade que permitem identificar tempo de micção e estimar aproximadamente o volume de urina (Hao, 2021); a coleta volumétrica por tapete higiênico, realizando-se pesagem do tapete após micção e o método de pesagem do felino antes e após micção (Ancieto, 2021).

No entanto, todas essas modalidades dependem da micção voluntária do animal para posteriormente aferir o volume coletado, o que limita sua aplicabilidade em cenários como internações em UTI (Unidade de Tratamento Intensivo) onde os pacientes podem apresentar retenção urinária, seja por baixa repleção ou ainda por retenção comportamental (Barros, 2019)

A cateterização urinária é considerada o padrão ouro de aferição volumétrica de urina. Contudo, em felinos, o procedimento apresenta desafios significativos, como a necessidade de sedação para a sua passagem, além de ser frequentemente relacionada à infecção urinária, a trauma e estenose uretral, (Kendall *et al.*, 2020)

Neste sentido, ultrassonografia surge como um método não invasivo, preciso, repetível, seguro e indolor, com relatos indicando confiabilidade e bons resultados (Lanzarin *et al.*, 2021). Na veterinária essa técnica tem sido usada em ambientes clínicos e de estudo, sendo alternativa não invasiva para que se realize o devido acompanhamento a pacientes veterinários na situação exposta, como realizado em pacientes caninos hospitalizados em estudos que performaram ultrassonografia tridimensional para esta finalidade (Vasquez *et al.*, 2021) bem como aqueles que buscaram comparar os métodos ultrassonográficos bidimensionais e tridimensionais (Kendall *et al.*, 2020). Ademais, essa técnica é sobretudo útil quando se trata de pacientes oligo-anúricos por acometimento do trato genitourinário (Yiew *et al.*, 2019) já que volumes ínfimos podem ser visualizados pelas imagens captadas pelo ultrassom.

Anteriormente, em estudos feitos em cães, observou-se que a mensuração utilizando algumas fórmulas já usadas em humanos forneciam uma precisão coerente do volume da bexiga canina (Atalan et al, 1998) Na medicina, a aferição de volume urinário em pacientes adultos é estabelecida com aproximação ao formato cônico da vesícula, utilizando-se a fórmula que multiplica altura, profundidade e largura ao fator de correção 0,52, no entanto quando o cálculo é feito à vesícula urinária infantil, há ainda uma imprecisão nos cálculos de volume urinário (Tessi *et al.*, 2020).

Diante disso, embora diversos métodos sejam utilizados na medicina veterinária para determinação do volume urinário, ainda há necessidade de ajustes e melhorias que conciliem precisão e não invasividade, especialmente em felinos domésticos

Dessa forma, objetivou-se com este trabalho validar um método ultrassonográfico não invasivo, acompanhado da aplicação de uma equação matemática capaz de estimar com precisão o volume urinário vesical em felinos domésticos. A proposta visa consolidar o conhecimento científico acerca do tema e oferecer uma alternativa segura e eficiente para o acompanhamento clínico de pacientes com disfunções urinárias, especialmente aqueles submetidos a cuidados intensivos, nos quais métodos invasivos nem sempre são viáveis ou recomendáveis.

## **2. OBJETIVOS**

### **2.1 GERAL**

Estudar a mensuração do volume urinário de bexiga de felinos domésticos através de técnicas ultrassonográficas.

### **2.2 ESPECÍFICO**

Padronizar técnicas e fórmulas para a mensuração do volume urinário através da ultrassonografia para serem usadas em felinos domésticos, devido a característica não invasiva do método e maior conforto e segurança aos animais submetidos além de também verificar-se o máximo volume urinário aproximado na vesícula urinária pré rompimento.

### **3. MATERIAL E MÉTODOS**

#### **3.1 MENSURAÇÃO DE VOLUME URINÁRIO POR ULTRASSONOGRAFIA**

Para cada volume vesicular, foi realizada a imagem ultrassonográfica bidimensional, utilizando aparelho de ultrassonografia Logiq F6 da marca GE, e transdutor microconvexo multifrequencial (7,5-10 MHz), do setor de ultrassonografia do Hospital Veterinário da Universidade Federal de Uberlândia. A varredura da vesícula urinária será realizada em janela cisto-cólica, com o uso do gel, nos planos transversal e sagital. Em cada varredura, foram realizadas 2 imagens, sendo aferidas, em plano longitudinal, eixo x e y, respectivamente comprimento e altura longitudinal e, em plano transversal, x e y, respectivamente altura transversal e largura transversal, a altura transversal é também utilizada como a profundidade deste plano.

A avaliação ultrassonográfica e as estimativas de volume urinário foram realizadas por cinco examinadores, sendo dois profissionais ultrassonografistas experientes e três não experientes, com a finalidade de comparar a variação entre observadores.

#### **3.2 ANIMAIS**

Foram selecionados 6 cadáveres frescos de felinos domésticos, 3 machos e 3 fêmeas, com sistema urinário íntegro, que vieram a óbito no Hospital Veterinário da Universidade Federal de Uberlândia. Os responsáveis pelos animais, no ato da admissão hospitalar, autorizam, por meio de um termo de consentimento, que em caso de óbito o cadáver do animal será doado para estudos. Sendo assim, os cadáveres selecionados terão passado por autorização de uso prévia.

#### **3.3 PREPARO**

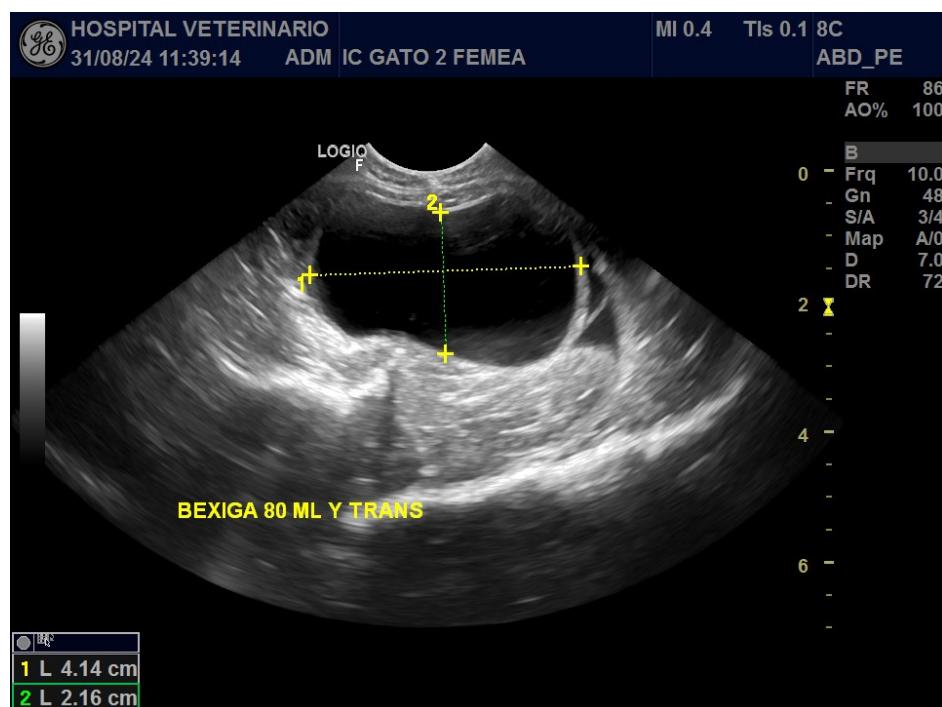
O preparo para a mensuração iniciou-se com a tricotomia na região cisto-cólica com uso de tricótomo manual e, em seguida, sondagem uretral com sonda Tom Cat Buster para a retirada de todo o conteúdo urinário das vesículas urinárias dos cadáveres e, posteriormente, realizou-se confirmação do esvaziamento via ultrassonografia. Por conseguinte, cada cadáver teve sua

vesícula urinária preenchida, também via cateter uretral, com solução fisiológica de cloreto de sódio a 0,9% nos volumes crescentes: 5, 10, 20, 40, 80, 160, 320 e 640 ml.

### 3.4. MENSURAÇÃO

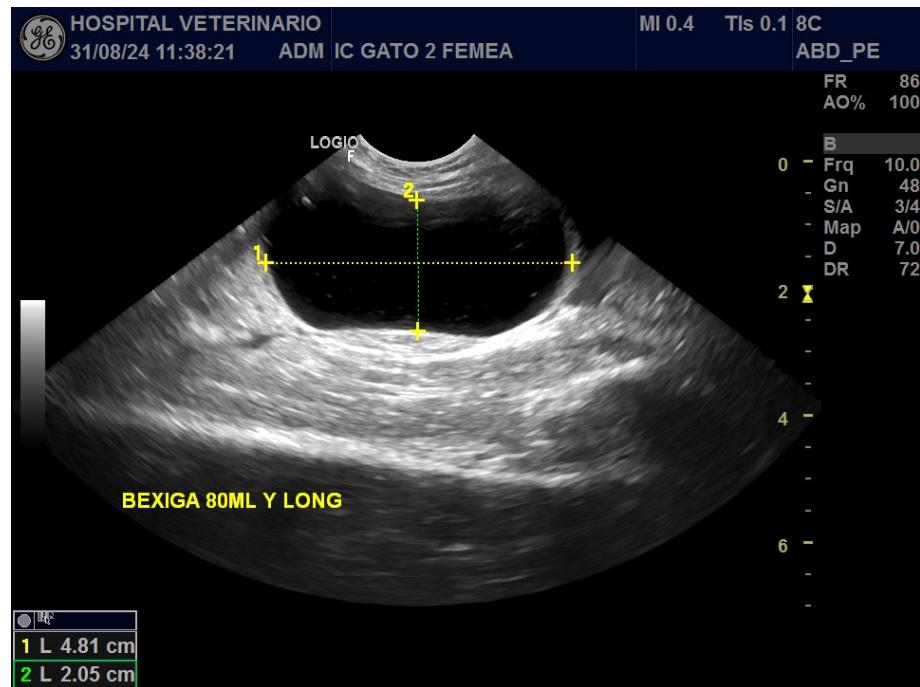
Para cada volume, foi feita uma ultrassonografia nos planos transversal (figura 1), para obter as medidas de altura transversal (AT) e largura transversal (L); e longitudinal (figura 2), para obter o comprimento (C) e altura longitudinal (AL), da bexiga no decúbito lateral e, posteriormente, dorsal. Sendo cada medida realizada com repetição e individualmente entre 5 avaliadores, 3 não experientes na área da ultrassonografia e 2 experientes

**Fig. 1** - Ultrassonografia vesical no plano transversal para obtenção de medidas de altura transversal e largura transversal.



Fonte: próprio autora

**Fig.2** - Ultrassonografia vesical no plano longitudinal para obtenção de medidas de comprimento e altura longitudinal.



Fonte: próprio autora

## 4. FÓRMULAS E CÁLCULOS

Feitas as mensurações, as medidas obtidas foram aplicadas em fórmulas já conhecidas para o cálculo do volume urinário, sendo elas:

- (1) Volume urinário (ml):  $AL \times L \times C \times 0,2\pi$  (Kendall *et al.*, 2020)
- (2) Volume urinário (ml):  $AL \times Dst \times W \times \frac{\pi}{6}$  (Holmes, 1967)
- (3) Volume urinário (ml):  $AL \times D \times W \times 0,9$  (Bis & Slovis, 1990)
- (4) Volume urinário (ml):  $AL \times Dst \times W \times 0,81$  (Kjeldsen-Kragh, 1988)
- (5) Volume urinário (ml):  $\frac{(AL \times Ds \times W) - 3,14}{2,17}$  (Mclean & Edell, 1978)
- (6) Volume urinário (ml):  $AL \times D \times W \times 1,0$  (Paltiel *et al.*, 1989)
- (7) Volume urinário (ml):  $AL \times \frac{Dt}{2} \times 12,56$  (Espuela Orgaz *et al.*, 1981)
- (8) Volume urinário (ml):  $e \times |0,8304 + 0,5625 \times \ln(A1) + 0,7211 \times \ln(A2)|$  (Mauro Dicuio 1, 2005)
- (9) Volume urinário (ml):  $AL \times Dst \times W \times 0,47$  (Hakenberg *et al.*, 1983)
- (10) Volume urinário (ml):  $AL \times D \times W \times 1,39 + 40$  (Jan Fog Pedersen *et al.*, 1983)
- (11) Volume urinário (ml):  $AL \times Dst \times W \times 0,65$  (Hartnell *et al.*, 1987)
- (12) Volume urinário (ml):  $AL \times Ds \times W \times 0,7$  (Poston *et al.*, 1983)
- (13) Volume urinário (ml):  $AL \times Dt \times W \times 0,72$  (Bih *et al.*, 1984.)
- (14) Volume urinário (ml):  $AL \times D \times W \times 0,52$  (Mauro Dicuio 1, 2005)

Nas fórmulas em que o plano transverso é considerado, tem-se que W, seja a largura no plano transverso; D, a profundidade; Dst, a média aritmética das profundidades dos planos longitudinais e transversos; Ds, a profundidade no plano longitudinal e, Dt, a profundidade no plano transverso.

Os valores dos resultados foram comparados aos dos volumes já conhecidos de solução fisiológica utilizados a fim de identificar qual das constantes fornece maior acurácia.

### 4.1. ANÁLISE ESTATÍSTICA

Foram realizados os cálculos dos volumes urinários estimados pelas fórmulas já descritas em cães e em humanos, para os diferentes volumes conhecidos. Foram utilizados dois

testes estatísticos para avaliar concordância dos métodos de aferição bem como entre os avaliadores, experientes ou não.

Para avaliação dos métodos de medição, utilizou-se a análise de Bland-Altman (Bland; Altman, 1986) que utiliza a métrica de viés, ou seja, a diferença entre as médias, e limites de concordância. Os componentes para esta análise são: Bias (viés); Intervalo de Confiança (IC 95%) para bias e para limites; Limites de concordância (calculados com:  $Bias \pm 1,96 * DP$ , em que  $DP =$  desvio padrão das diferenças e 1,96 é o valor de distribuição normal padrão que cobre 95% da área dos dados dentro da curva de Gauss), com diferença entre os métodos com distribuição normal. Esta interpretação torna-se importante pois, mesmo que os métodos tenham elevada correlação, na prática, podem não ser permutáveis e, quando limites de concordância são amplos ou enviesados, há sugestão de fraca concordância.

Para tal análise, o teste de concordância utilizado foi o de Coeficiente de Correlação de Concordância de Lin (CCC - Concordance Correlation Coefficient) que tem como objetivo a quantificação de concordância entre dois métodos considerando uma correlação linear, precisão; e a proximidade à uma linha gráfica com coeficiente angular 45º, exatidão. Neste trabalho, comparando a aferição de volume urinário vesicular por método de ultrassom com a administração de volume conhecido via sonda uretral bem como comparar a aferição por avaliadores experientes ou não. Para uma alta concordância, com IC 95%, deve-se ter coeficientes de concordância próximos a 1 sendo os abaixo de 0,9, descartáveis.

Por fim, nesta análise, utilizou-se o Teste t Student Student, (1908) que verifica se o viés é substancialmente diferente de zero. Neste teste, utiliza-se a interpretação de valor de p, probabilidade de se obter resultados extremos, a partir de hipótese nula, assim, exprime o quanto o valor era esperado ou não. Para valores de  $p < 0,05$  o viés é significativo e há diferença significativa entre os métodos.

Para os cálculos foram utilizados os softwares estatísticos R, epiR, e Seolmatrix Jamovi.

## 5. RESULTADOS

Após testar todas as quatorze fórmulas mediante as estatísticas já mencionadas, selecionaram-se as de melhor desempenho, por meio da fórmula que teve melhor concordância, com pc (coeficiente de concordância de lin) mais próximo a 1, e com menor viés  $p > 0,05$ ; sendo elas:

(1) **Volume urinário (ml): AL x L x C x 0,2π (Kendall et al., 2020);**

A fórmula de Kendall destacou-se por apresentar boa concordância de correlação entre volume aferido e volume administrado (Figura 3), dado que a linha de identidade (tracejada) tem proximidade aos pontos, que representam a comparação entre os volumes. A linha contínua representa a reta de regressão linear em que se demonstra a tendência real dos dados, a qual muito se aproxima da linha de identidade do experimento, revelando alta concordância com boa precisão e boa acurácia. Além disso, o coeficiente 0,874 indica a forte concordância pelo método, com estreito IC 95% [0,827-0.908] demonstrando alta confiabilidade, mesmo com grande variabilidade amostral.

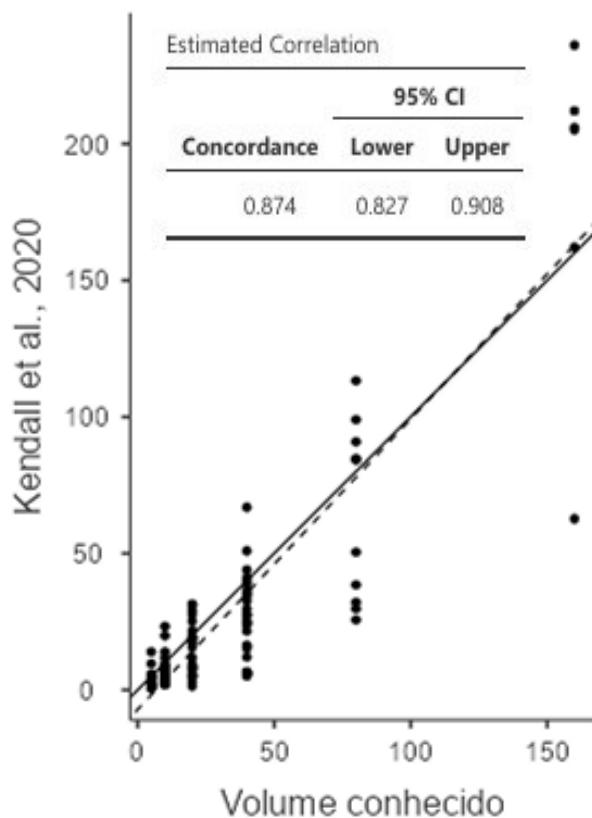
O grupo dos experientes, quando utilizada a fórmula em questão, apresentou viés positivo significativo enquanto os inexperientes tiveram desempenho mais homogêneo com melhor concordância, podendo ser observado comparativamente pelos gráficos de plotagem de concordância (Figura 4) aproximando a linha de identidade à tendência real e coeficiente de concordância superior, 0,9 com menor viés uma vez que  $p=0,02$  para os experientes e  $p=0,1$  para inexperientes (Tabela 1). Esses resultados podem apontar que o método Kendall é mais intuitivo para avaliadores não especializados, permitindo aferições consistentes mesmo com pouca experiência prática.

**Tabela 1. Comparação concordância, viés e interpretação experientes e inexperientes pelo método de Kendall et al. 2020**

Grupo	Bias (IC 95%)	p-valor	pc	Interpretação
Experientes	7.67 (1.45–13.9)	0.02	0.843	Boa concordância, viés significativo
Inexperientes	3.21 (-1.17–7.59)	0.1	0.900	Excelente concordância, sem viés

**Fig. 3.** - Gráfico de concordância de Lin para o método de Kendall et al. (2020), demonstrando a proximidade da linha de identidade com a reta de regressão linear.

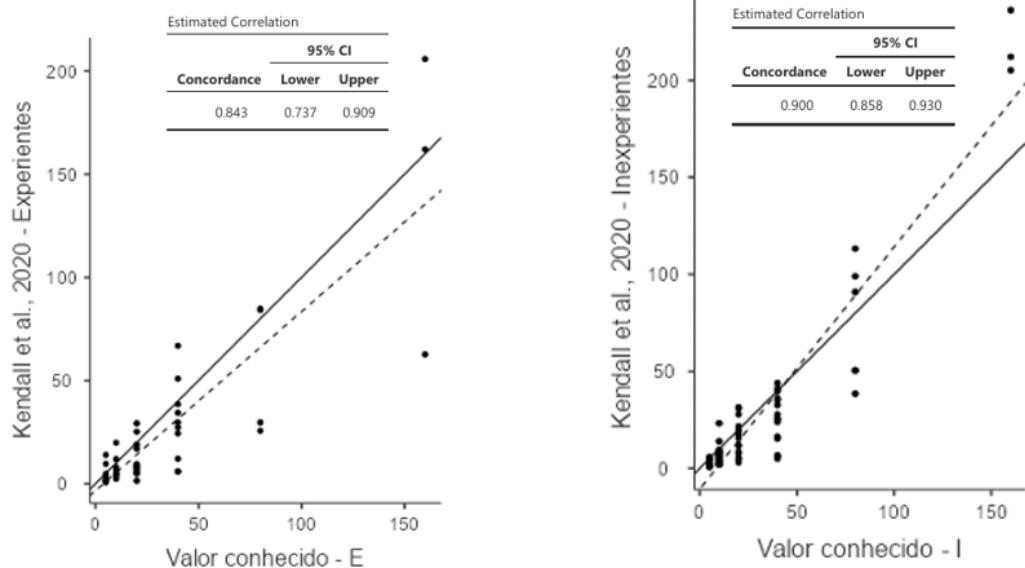
### Concordance Plot



Fonte: própria autora

**Fig. 4.** Gráfico de concordância de Lin comparativo entre os avaliadores experientes e inexperientes, mostrando que o grupo inexperiente teve um desempenho mais homogêneo e com menor viés.

Concordance Plot

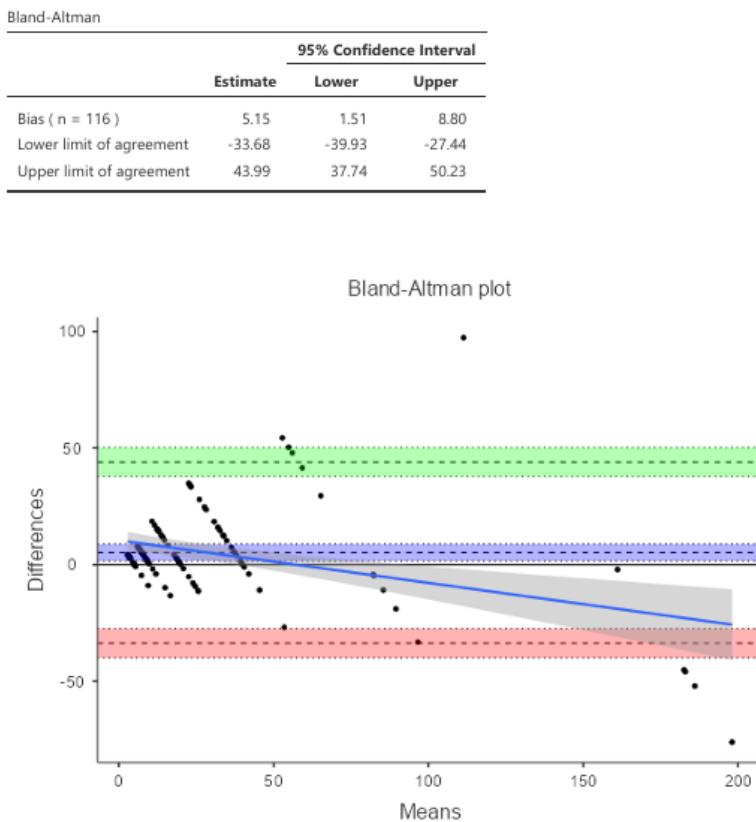


Fonte: própria autora

Na análise de Bland-Altman para esta fórmula (Figura 5) o viés sugere um pequeno desvio com tendência à proporcionalidade, representada pela linha azul central, indicando que conforme a média aumenta, a diferença entre os métodos reduz, além de indicar que, em média, há uma superestimação do valor em 5,15 unidades de um método em relação ao outro, com IC 95% [1,51; 8,80] representada pela faixa azul.

O limite inferior da concordância, por sua vez, é representado pela faixa vermelha, sendo o menor valor esperado da diferença entre os métodos em 95% dos casos [-39,93; -27,44]. O limite superior de concordância representa o maior valor esperado da diferença entre os métodos considerando os 95% dos casos [37,74; 50,23], ou seja, em 95% dos casos. A diferença entre os métodos estará entre -40ml e +50ml. Cada ponto representa um par de medições performado sendo sua posição em relação ao eixo x a média entre os dois métodos e em relação ao eixo y, a diferença entre eles. Por fim, a tendência inclinada indica que o erro depende da magnitude da medida, observado maior dispersão principalmente para valores superiores a 100ml, assim o gráfico tem comportamento heterocedástico.

**Fig. 5** Gráfico de Bland-Altman para a fórmula de Kendall et al. (2020), com viés de superestimação de 5,15 ml, representando a tendência da diferença entre os métodos e a distribuição dos pontos.



Fonte: própria autora

Na análise de Bland-Altman comparada entre experientes e não experientes, o viés, para os inexperientes (Figura 6) é de 3,21 entre os dois métodos, com curto IC 95% [-1,17; 7,59] este, indicando concordância sistemática próxima do zero já que está incluso no intervalo mencionado. No entanto, quando observado o limite inferior, com IC95% [-40,04; -25,00] há variação considerável assim como em seu limite superior IC 95% [31,43; 46,47]. A dispersão dos dados é alta e com viés proporcional, mas não tão significativo quando comparada aos experientes (Figura 7), viés é de 7,67 com IC 95% [1,45; 14,9] não incluindo zero neste intervalo, possuindo outliers significantes.

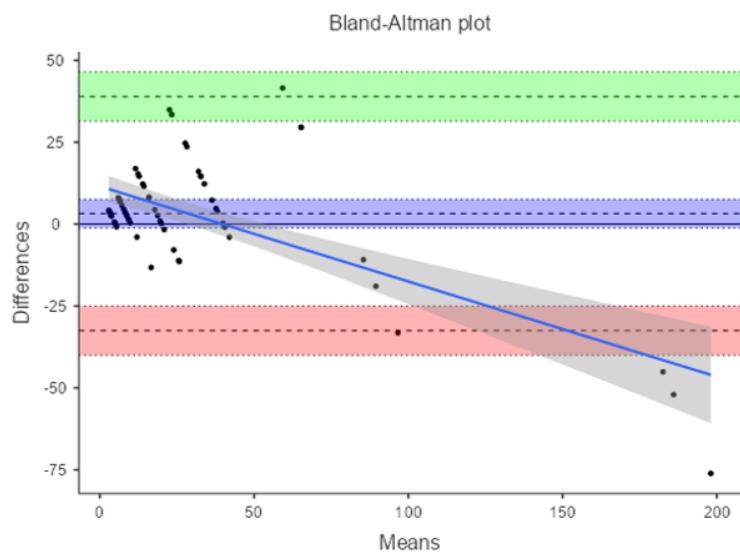
**Fig.6** - Gráfico de Bland-Altman para o grupo de avaliadores inexperientes.

Kendall et al., 2020 - Inexperientes

### Bland-Altman Analysis

Bland-Altman

	95% Confidence Interval		
	Estimate	Lower	Upper
Bias ( n = 69 )	3.21	-1.17	7.59
Lower limit of agreement	-32.52	-40.04	-25.00
Upper limit of agreement	38.95	31.43	46.47



Fonte: própria autora

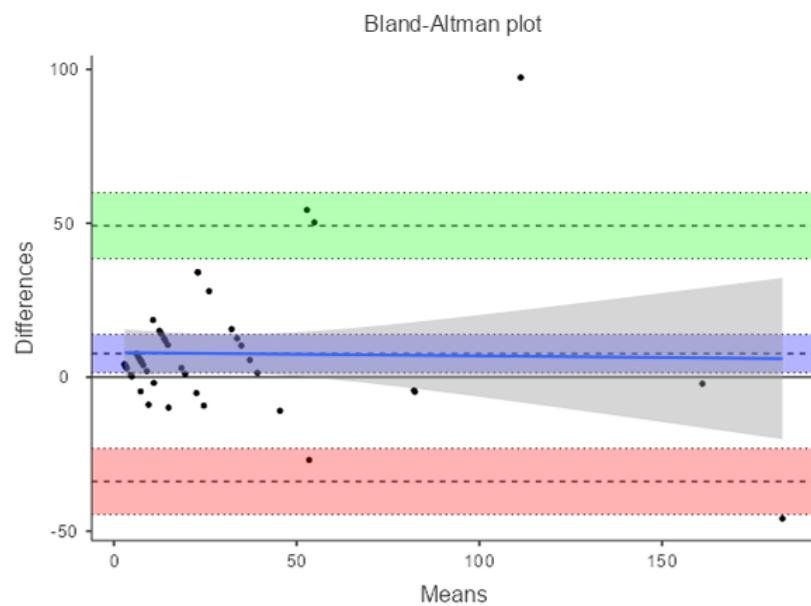
**Fig. 7 - Gráfico de Bland-Altman para o grupo de avaliadores experientes.**

Kendall et al., 2020 - Experientes

### Bland-Altman Analysis

Bland-Altman

	Estimate	95% Confidence Interval	
		Lower	Upper
Bias ( n = 47 )	7.67	1.45	13.9
Lower limit of agreement	-33.87	-44.58	-23.2
Upper limit of agreement	49.20	38.49	59.9



Fonte: própria autora

**(2) Volume urinário (ml):  $AL \times Dst \times W \times \frac{\pi}{6}$  (Holmes, 1967)**

**Tabela 2. Comparação concordância, viés e interpretação experientes e inexperientes pelo método de Holmes, 1967.**

Grupo	Bias (IC 95%)	p-valor	pc	Interpretação
<b>Experientes</b>	0.851 (0.752 – 0.912)	0.02	0.843	Boa concordância, viés significativo
<b>Inexperientes</b>	0.907 (0.859 – 0.940)	0.10	0.900	Excelente concordância, sem viés

Para o método de Holmes na análise de Bland-Altman (Figura 8) o viés de 6,46, com IC 95% [3,30; 9,62] que representa um erro consistente, porém com baixa concordância entre os métodos, com limites IC 95% [-27,20; 40,12], bastante amplo. No entanto, quando aplicada a correlação de Lin (Figura 9), que analisa precisão e acurácia, o valor 0,884 indica alta concordância entre os métodos com IC 95% [0,838; 0,918] com valores próximos a 1. Reforçando a boa concordância tem-se a plotagem do gráfico das linhas de identidade e de regressão, em que os pontos, que representam um par de medidas (volume conhecido e volume aferido) encontram-se próximos à linha de identidade (tracejada) ainda que entorno desta haja uma dispersão, com possibilidade à subestimação ou à superestimação, sugerindo viés proporcional.

Assim, há uma boa precisão (quão próximo os valores estão da linha de identidade), porém, com uma acurácia (quanto os dados se aproximam da linha real) reduzida devendo-se ajustar a fórmula para uma melhor acurácia, o que poderia ser feito com uma correção do viés proporcional com modelo de Regressão de Deming (Deming, WE; 1943).

Quando observada a análise de Bland-Altman (Figura 10) para os observadores experientes, o viés é muito pequeno, próximo à zero com IC 95% (-19,8; 18,7) com intervalo incluindo zero. No entanto, os limites de concordância são significativos, com limites de concordância de até 129 unidades. A consulta de valores entre experientes e inexperientes pode ser feita também pela Tabela 2.

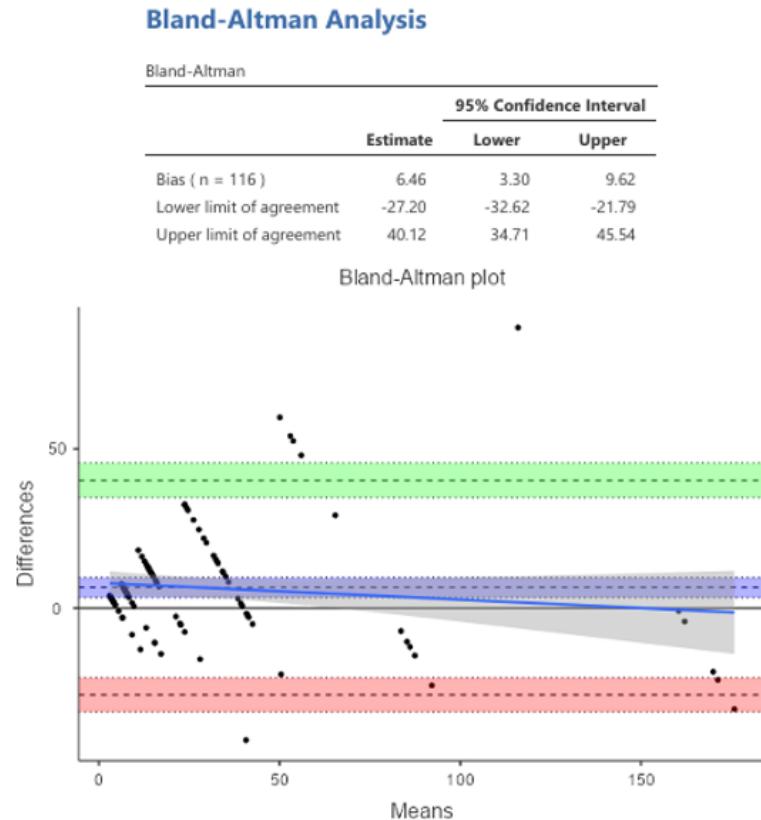
Na análise de Lin para os experientes (Figura 11), há concordância significativa, 0,851 com IC 95% [0,752; 0,912] indicando boa precisão, pelo intervalo estreito, e boa confiabilidade pelo limite inferior de concordância ser 0,752, dado que CCC < 0.90 = concordância baixa ou moderada (McBride, G. B. 2005). Na plotagem do gráfico, os

pontos têm tendência linear, reforçando alta concordância ainda que a linha de regressão (tracejada) se localize abaixo da de identidade, indicando subestimação pelo método quando em volumes maiores possuindo alguns outliers em valores baixos, mas com coerência em valores próximos a 100 ml.

Para os inexperientes, pela análise de Bland-Altman (Figura 12), há indicação de que o viés é positivo com tendência à superestimação dos valores com valor de 5,19 IC 95% [1,45; 8,93] sendo reduzido o intervalo de confiança, mas com boa acurácia, em limites amplos de IC 95% [-25,34; 35,72] para os limites de concordância.

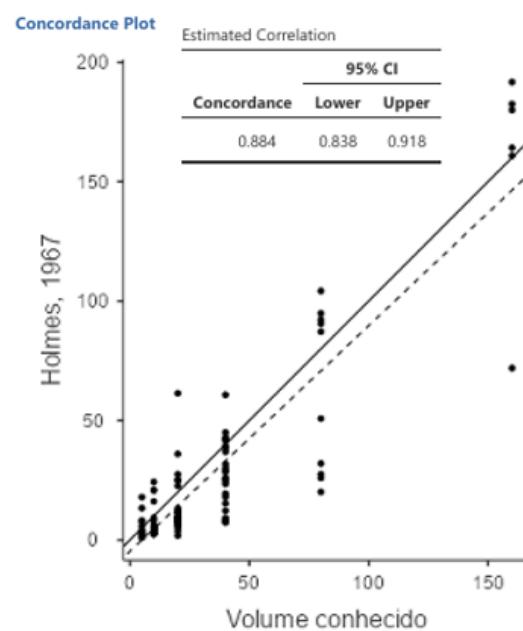
Na análise de Lin (Figura 13) para este grupo a concordância de 0,907 indica excelente concordância, colocando a fórmula de Holmes como a de melhor concordância, interpretada por este método com IC 95% [0,859; 0,940] sendo ainda mesmo o limite inferior representativo de alta concordância. Os pontos distribuídos próximos à linha de identidade indicam que os inexperientes se aproximaram dos volumes reais, com linha de regressão quase sobreposta à de identidade, representando baixo viés. Neste gráfico não se observam outliers evidentes para baixos ou altos valores de volume, com boa precisão ao longo de toda a faixa. Desta forma, demonstra-se que avaliadores inexperientes têm bom desenvolvimento aproximando-se aos valores reais quando comparado aos experientes, sendo o método de Holmes viável para utilização clínica.

**Fig. 8 - Gráfico de Bland-Altman para a fórmula de Holmes (1967).**



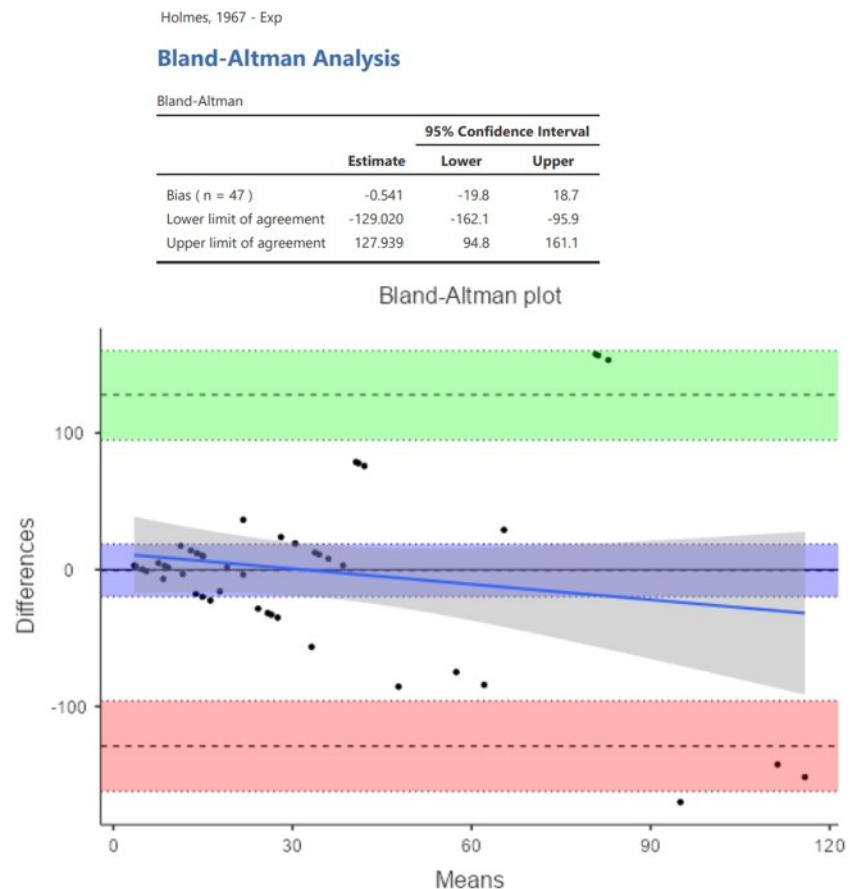
Fonte: própria autora

**Fig.9 - Gráfico de concordância de Lin para a fórmula de Holmes (1967).**



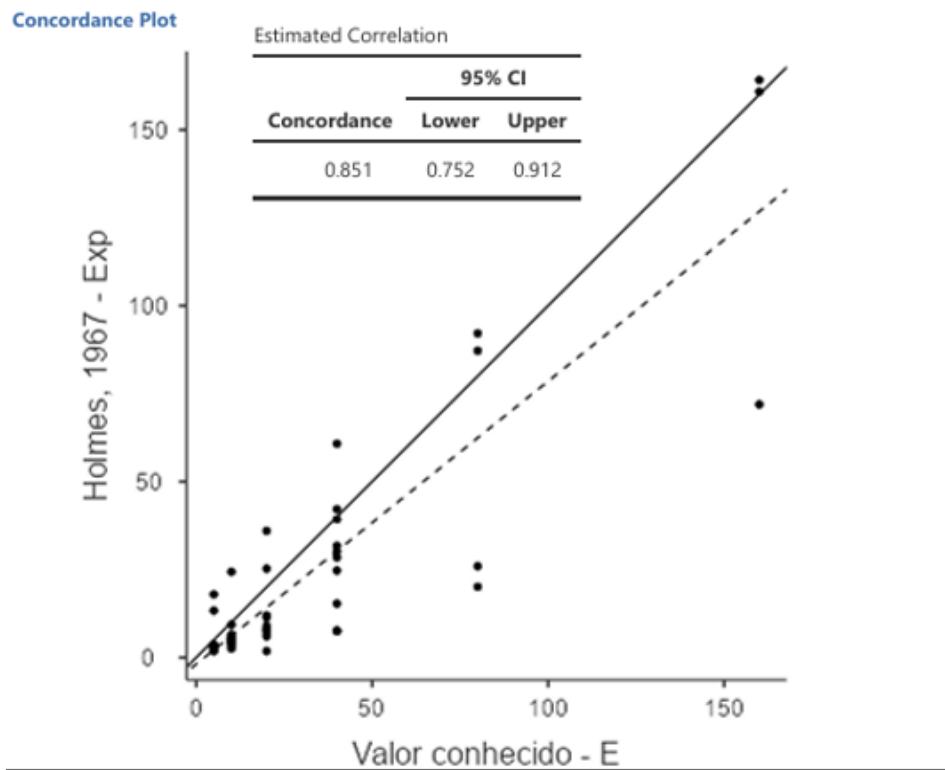
Fonte: própria autora

**Fig. 10** - Gráfico de Bland-Altman para o grupo de avaliadores experientes com a fórmula de Holmes.



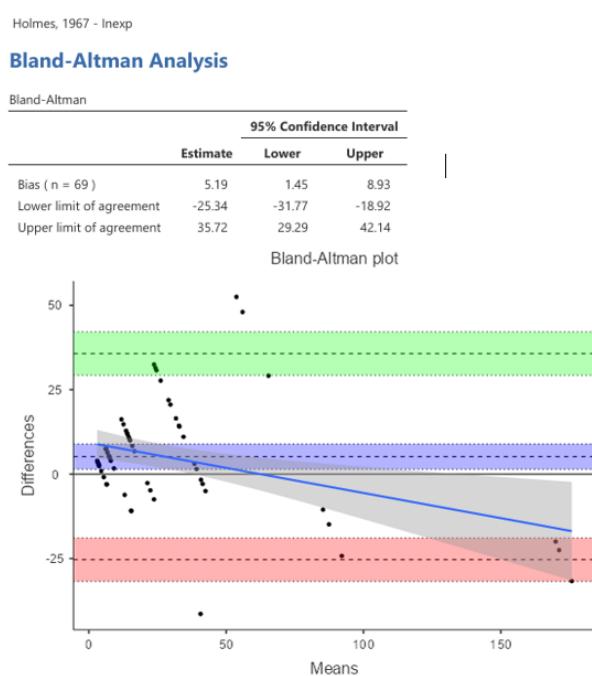
Fonte: própria autora

**Fig. 11** - Gráfico de concordância de Lin para o grupo de avaliadores experientes com a fórmula de Holmes.



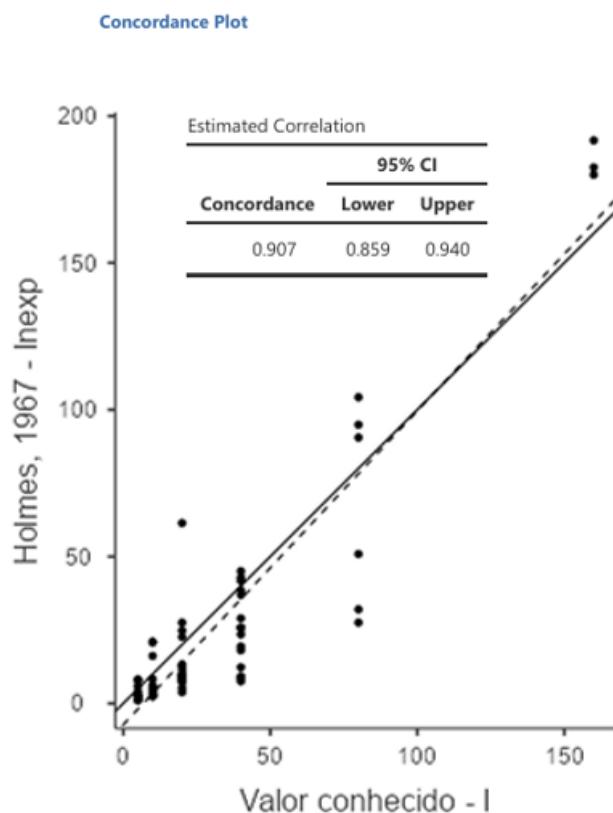
Fonte: própria autora

**Fig. 12** Gráfico de Bland-Altman para o grupo de avaliadores inexperientes com a fórmula de Holmes.



Fonte: própria autora

**Fig. 13** - Gráfico de concordância de Lin para o grupo de avaliadores inexperientes com a fórmula de Holmes.



Fonte: própria autora

No que tange às demais fórmulas testadas, pelos baixos coeficientes de concordância e pelos grandes vieses calculados, foram desconsideradas para aplicabilidade ao método de aferição de volume urinário. Conforme demonstrado na Tabela 3, os métodos de Holmes e de Kendall são os de melhor desempenho.

**Tabela 3. Comparaçāo de Análise de Concordância, Viés e Interpretação (todas as fórmulas)**

Método - Grupo	Bias (IC95%)	Limites de Concordância	p- valor	$\rho_c$	Interpretação
Kendall - Experientes	7.67 (1.45 – 13.9)	[ -33.87, 49.20 ]	0.02	0.843	Boa concordância, viés positivo significativo.
Kendall - Inexperientes	3.21 (-1.17 – 7.59)	[ -32.52, 38.95 ]	0.10	0.900	Excelente concordância, sem viés significativo.
Holmes - Experientes	-0.541 (- 19.8 – 18.7)	[ -129.0, 127.9 ]	1	0.851	Sem viés, ampla dispersão; boa concordância.
Holmes - Inexperientes	5.19 (1.45 – 8.93)	[ -25.34, 35.72 ]	0.007	0.907	Excelente concordância, pequeno viés positivo.
Bis & Slovis - Experientes	-32.0 (-49.8 – -14.2)	[ -151.1, 87.1 ]	0.0008	0.573	Viés negativo significativo; concordância fraca.
Bis & Slovis - Inexperientes	-35.7 (-52.5 – -18.8)	[ -173.3, 101.9 ]	7e-05	0.514	Baixa concordância e viés significativo.
Kjeldsen-Kragh - Experientes	-5.15 (-13.7 – -3.36)	[ -62.00, 51.69 ]	0.2	0.819	Concordância boa, viés não significativo.
Kjeldsen-Kragh - Inexperientes	-8.50 (-16.4 – -0.56)	[ -73.31, 56.31 ]	0.04	0.778	Viés leve significativo; concordância moderada.
Mclean & Edell - Experientes	1.15 (-5.68 – 7.99)	[ -44.46, 46.77 ]	0.7	0.857	Sem viés significativo; excelente concordância.

Mclean & Edell - Inexperientes	-2.08 (-7.78 – 3.62)	[-48.57, 44.42]	-	0.856	Boa concordância; viés não significativo.
Paltieli - Experientes	-39.2 (-59.9 – 18.5)	[-177.5, 99.0]	4e-04	0.519	Viés elevado e negativo; baixa concordância.
Paltieli - Inexperientes	-43.0 (-62.5 – 23.5)	[-202.3, 116.3]	4e-05	0.463	Viés elevado e baixa concordância.
Espuela Orgaz - Experientes	-74.0 (-96.5 – 51.5)	[-224.3, 76.3]	3e-08	0.386	Viés extremo, concordância muito fraca.
Espuela Orgaz - Inexperientes	-74.6 (-94.0 – 55.2)	[-232.9, 83.6]	8e-11	0.363	Concordância muito fraca, viés elevado.
Mauro Dicuio - Experientes	21.8 (10.7 – 32.9)	[-52.2, 95.9]	3e-04	0.0757	Concordância quase nula, viés positivo alto.
Mauro Dicuio - Inexperientes	19.1 (11.1 – 27.0)	[-45.8, 84.0]	1e-05	0.0909	Viés alto; concordância muito fraca.
Hakenberg - Experientes	10.9 (5.18 – 16.5)	[-27.0, 48.7]	0.7	0.822	Boa concordância, viés positivo.
Hakenberg - Inexperientes	7.75 (4.41 – 11.1)	[-19.47, 34.97]	2e-05	0.903	Excelente concordância; viés pequeno.
Jan Fog Pedersen - Experientes	-107 (-139.5 – 75.2)	[-322, 107]	2e-08	0.293	Viés extremo e concordância muito fraca.
Jan Fog Pedersen - Inexperientes	-112 (-141.5 – 81.6)	[-356, 133]	2e-10	0.265	Concordância extremamente fraca.
Hartnell - Experientes	2.38 (-4.06 – 8.82)	[-40.62, 45.38]	0.5	0.866	Boa concordância, viés não significativo.
Hartnell - Inexperientes	-0.855 (-6.21 – 4.50)	[-44.53, 42.82]	0.8	0.868	Excelente concordância; sem viés relevante.
Poston - Experientes	-17.6 (-29.9 – 5.25)	[-99.7, 64.6]	0.006	0.705	Viés significativo; concordância moderada.

Poston - Inexperientes	-21.0 (-32.6 – -9.43)	[-115.7, 73.7]	6e-04	0.647	Concordância moderada, viés significativo.
Bih - Experientes	-19.0 (-31.8 – -6.16)	[-104.7, 66.7]	0.005	0.690	Viés significativo, concordância moderada.
Bih - Inexperientes	-22.5 (-34.6 – -10.4)	[-121.4, 76.4]	4e-04	0.632	Concordância moderada, viés presente.

Fonte: própria autora

## 6. DISCUSSÃO

Este trabalho buscou avaliar a viabilidade e a eficácia da ultrassonografia como uma ferramenta não invasiva para medir o volume urinário em gatos, um método que se apresenta como uma alternativa promissora ao cateterismo uretral. Embora o cateterismo seja o padrão-ouro, é conhecido seu potencial nocivo associado a traumas e infecções, o que o torna menos ideal para o bem-estar do animal (Kendall *et al.*, 2020). Ao utilizar a fórmula de Kendall *et al.* (2020) especificamente em felinos permitiu-se ampliação do potencial do uso acurado da ultrassonografia para aferição de volume urinário vesicular em gatos

Neste estudo, a fórmula de Kendall se mostrou bastante precisa. Analisando o coeficiente de correlação de concordância de Lin (CCC), chegou-se a um valor de 0,874 (IC 95%: [0,827-0,908]), o que indica uma boa concordância entre os volumes estimados com o ultrassom e os volumes reais. Esse resultado se alinha com o que outros estudos já encontraram em cães e humanos, reforçando a ideia de que a ultrassonografia é um método confiável (Vasquez *et al.*, 2021; Dicuio *et al.*, 2005). O artigo de Rodrigues *et al.*, 2024, que avaliou o volume urinário em cadáveres de cães, também encontrou um erro de estimativa inferior a 10% para as fórmulas testadas, corroborando a alta acurácia do método em modelos experimentais.

O desempenho da fórmula variou significativamente entre os grupos de avaliadores. Conforme demonstram a tabela 1 e a figura 4, os avaliadores inexperientes atingiram uma concordância de 0,900, classificado como “excelente concordância”, superando o resultado dos avaliadores experientes (CCC de 0,843). Acredita-se que a experiência prévia com a técnica pode ter introduzido um pequeno viés de superestimação, evidenciado pelo viés positivo e estatisticamente significativo para o grupo experiente ( $p = 0,02$ ), em contraste com a ausência

de viés nos inexperientes ( $p = 0,1$ ). Este achado é particularmente relevante, pois sugere que a fórmula de Kendall é intuitiva. Essa conclusão é reforçada por (Rodrigues *et al.*, 2024), que também demonstrou que, embora os ultrassonografistas obtivessem maior precisão, os profissionais com menor experiência também alcançavam resultados clinicamente aceitáveis.

A análise de Bland-Altman (figura 5) complementou os achados, revelando que a fórmula de Kendall apresentou um viés geral de superestimação de 5,15 ml (IC 95%: [1,51; 8,80]). A ampla faixa dos limites de concordância de -40 ml a +50 ml alerta que, apesar de um viés médio-pequeno, as medições individuais podem variar consideravelmente. Esta variação é um ponto a ser considerado na prática clínica, onde a precisão de cada medição é crucial. Em conformidade a outros estudos (Nagle *et al.*, 2018), que encontram maior acurácia em volumes menores, a análise sugeriu que, conforme a figura 5, a dispersão dos pontos (o que representa o erro) aumenta para volumes maiores. Este fenômeno, é chamado de comportamento heterocedástico. e indica que o erro de medição não é constante; na verdade, ele se torna mais imprevisível à medida que o volume da bexiga cresce, apontando para uma característica específica da fórmula na espécie felina, que merece futuras investigações.

A partir destas análises, a fórmula de Kendall demonstra-se ideal para a utilização nas ultrassonografias beira-leito, especialmente em ambientes de UTI, onde o monitoramento de pacientes nefropatas é contínuo e demanda precisão em volumes vesicais reduzidos. Considerando que a repleção da bexiga de animais internados tende a ser baixa, a alta acurácia observada nessa faixa de volume, corroborada pelo baixo viés, demonstra que a fórmula de Kendall é uma ferramenta ideal para a rotina clínica e intensivista, oferecendo um método de avaliação ágil e não invasivo.

Ao compararmos a fórmula de Kendall com a de Holmes, percebemos que ambas se destacaram como as mais promissoras. A fórmula de Holmes, em particular, mostrou uma excelente concordância (CCC de 0,907) para o grupo de inexperientes. Isso reforça hipótese de que a ausência de um viés de medição pré-existente é crucial para a acurácia. O viés de subestimação que foi observado no grupo de avaliadores experientes que usaram a fórmula de Holmes mostra que a adaptação a novas fórmulas pode ser um desafio e reforça a importância de protocolos bem definidos.

Em resumo, o estudo valida a ultrassonografia como uma ferramenta segura e acurada para a estimativa de volume urinário em gatos. As fórmulas de Kendall e Holmes se mostraram as mais eficazes para uso clínico, e a indicação de que avaliadores inexperientes podem obter excelentes resultados sugere que a técnica é acessível e viável para profissionais que buscam um método não invasivo para monitorar a saúde renal de felinos.

## **7. CONCLUSÃO**

Aplicação da fórmula de Kendall para uso clínico, com significativa simplicidade e aplicabilidade.

## REFERÊNCIAS

- ANCIETO, [S. d.]. Apud CARRIEL BENITEZ, B. (2010), HAO (2021).
- ANDERSON, L. M. et al. Urine residual volume in normal dogs determined by direct measurement and comparison to two-dimensional ultrasonographic measurement. **J Am Anim Hosp Assoc**, v. 59, n. 2, p. 69–73, 2023. DOI: 10.5326/JAAHA-MS-7285.
- ARAKLITIS, G. et al. Can we replace the catheter when evaluating urinary residuals? **Neurourology and Urodynamics**, v. 38, n. 4, p. 1100–1105, 2019. DOI: 10.1002/nau.23963.
- ATALAN, G.; BARR, F. J.; HOLT, P. E. Estimation of bladder volume using ultrasonographic determination of cross-sectional areas and linear measurements. In: **Veterinary Radiology & Ultrasound**, v. 39, n. 5, p. 446-450, 1998.
- BASTOS, M. G. et al. 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. DOI: 10.34019/1982-8047.2019.v45.28745.
- BIH, L.-I. et al. **Bladder Shape Impact on the Accuracy of Ultrasonic Estimation of Bladder Volume**. S.l.:s.n., s.d.
- BIS, K. G.; SLOVIS, T. L. Pediatric Radiology Accuracy of ultrasonic bladder volume measurement in children. In: **Pediatr Radiol**, v. 20, 1990.
- BLAND, J. M.; ALTMAN, D. G. Statistical methods for assessing agreement between two methods of clinical measurement. **The Lancet**, v. 327, n. 8476, p. 307–310, 1986.
- CARRIEL BENITEZ, B. **Universidade Federal de Minas Gerais: Escola de Zootecnia**. 2010.
- COLE, L. et al. Focused ultrasound examination of canine and feline emergency urinary tract disorders. **Vet Clin Small Anim**, v. 51, n. 6, p. 1233-1248, 2021. DOI: 10.1016/j.cvsm.2021.07.007.
- DE, B.; BARROS, A. **Universidade Federal Rural de Pernambuco: Departamento de Medicina Veterinária**. 2019.
- DEMING, W. E. **Ajuste estatístico de dados**. Wiley, NY: Dover Publications, 1985. ISBN 0-486-64685-8.
- DIFAZIO, M. R. et al. Evaluation of a 3-dimensional ultrasound device for noninvasive measurement of urinary bladder volume in dogs. **Journ Vet Intern Med**, v. 34, n. 4, p. 1488-1495, 2020. DOI: 10.1111/jvim.15811.
- ESPUELA ORGAZ, R. et al. Applications of bladder ultrasonography. I. Bladder content and residue. **Journal of Urology**, v. 125, n. 2, p. 174–176, 1981. DOI: 10.1016/S0022-5347(17)54952-6.
- HAKENBERG, O. W. et al. The estimation of bladder volume by sonocystography. **Journal of Urology**, v. 130, n. 2, p. 249–251, 1983. DOI: 10.1016/S0022-5347(17)51087-3.

- HAO, [S. d.]. Apud CARRIEL BENITEZ, B. (2010), ANCIETO (2021).
- HARTNELL, G. G. et al. Real-time ultrasound measurement of bladder volume: a comparative study of three methods. In: **The British Journal of Radiology**, v. 60, 1987.
- HOLMES, J. H. Ultrasonic studies of the bladder. **The Journal of Urology**, v. 97, n. 4, p. 654–663, 1967. DOI: 10.1016/S0022-5347(17)63094-5.
- JAN FOG PEDERSEN, B. et al. **RESIDUAL URINE DETERMINATION BY ULTRASONIC SCANNING**. S.l.:s.n., s.d.. Disponível em: [www.ajronline.org](http://www.ajronline.org).
- KENDALL, A. et al. Three-dimensional bladder ultrasound for estimation of urine volume in dogs compared with traditional 2-dimensional ultrasound methods. **Journal of Veterinary Internal Medicine**, v. 34, n. 6, p. 2460–2467, 2020. DOI: 10.1111/jvim.15959.
- KJELDSEN-KRAGH, J. Measurement of residual urine volume by means of ultrasonic scanning: A comparative study. **Paraplegia**, v. 26, n. 3, p. 192–199, 1988. DOI: 10.1038/sc.1988.30.
- LANZARIN, J. V. M. et al. Urinary volume assessment: Comparison of the performance of Mobissom® portable bladder ultrasound equipment with tabletop equipment. **Mundo Da Saude**, v. 45, p. 627–637, 2021. DOI: 10.15343/0104-7809.202145627637.
- LISCIANDRO, G. R.; FOSGATE, G. T. Use of urinary bladder measurements from a point-of-care cysto-colic ultrasonographic view to estimate urinary bladder volume in dogs and cats. **Vet Emerg Crit C Soc**, v. 27, n. 6, p. 713–717, 2017. DOI: 10.1111/vec.12670.
- LOPES, K. R.; NICOLUSSI, A. C. Vantagens da Ultrassonografia de bexiga na mensuração de volume urinário em pacientes críticos: revisão integrativa. **Rev Enferm UERJ**, v. 29, n. 1, p. e61972, 2021. DOI: 10.12957/reuerj.2021.61972.
- MAURO DICUIO, G. P. F. M. F. V. A. C. D. G. M. Measurements of urinary bladder volume: comparison of five ultrasound calculation methods in volunteers. **Archivio Italiano Di Urologia, Andrologia**, v. 77, n. 1, p. 60–62, 2005.
- MCBRIDE, G. B. **A Proposal for a new guideline for interpreting Lin's Concordance Correlation Coefficient**. National Institute of Water and Atmospheric Research, s.d..
- MCLEAN, G. K.; EDELL, S. L. **Determination of Bladder Volumes by Gray Scale Ultrasonography 1**. S.l.:s.n., s.d.
- NAGLE, A. et al. Comparison of 2D and 3D ultrasound methods to measure serial bladder volumes during filling: steps toward development of noninvasive ultrasound urodynamics. **Bladder**, v. 5, n. 1, p. e32, 2018. DOI: 10.14440/Fbladder.2018.565.
- PALTIELI, Y. et al. Ultrasound Assessment of the Bladder Volume after Anterior Colporrhaphy. In: **Gynecol Obstet Invest**, v. 28, 1989.
- POSTON, G. J.; JOSEPH, A. E. A.; RIDDLE, P. R. The Accuracy of Ultrasound in the Measurement of Changes in Bladder Volume. In: **British Association of Urological Surgeons**, v. 55, 1983.
- R CORE TEAM. **R: A Language and environment for statistical computing**. (Version 4.1). Computer software. 2021. Disponível em: <https://cran.r-project.org>.

RODRIGUES, H. L. S. et al. Estimation of urinary volume through ultrasonography in dog cadavers and experimental models. **Vet Radiol Ultrasound**, v. 65, p. 713-721, 2024. DOI: 10.1111/vru.13418.

SEOL, H. **seolmatrix: Correlations suite for jamovi**. (Version 3.7.1)jamovimodule. 2023. Disponível em: <https://github.com/hyunsooseol/seolmatrix>.

STUDENT. The probable error of a mean. **Biometrika**, London, v. 6, n. 1, p. 1–25, 1908.

STEVENSON, M. et al. **epiR: Tools for the Analysis of Epidemiological Data**. Rpackage. 2021. Disponível em: <https://CRAN.R-project.org/package=epiR>.

TESSI, C. et al. Bladder Volume Assessment in Pediatric Patients With Neurogenic Bladder: Is Ultrasound an Accurate Method? **Pediatric Urology**, p. 1-6, 2020.

THE JAMOVI PROJECT. **jamovi**. (Version 2.3) ComputerSoftware. 2022. Disponível em: <https://www.jamovi.org>.

VASQUEZ, E. J. et al. Three-dimensional bladder ultrasound to measure daily urinary bladder volume in hospitalized dogs. **Journal of Veterinary Internal Medicine**, v. 35, n. 5, p. 2256–2262, 2021. DOI: 10.1111/jvim.16232.

YIEW, X. T. et al. Feasibility of a novel 3-dimensional mathematical algorithmic computation of feline bladder volumes using point-of-care longitudinal and transverse cysto-colic ultrasonographic images. **Canadian Journal of Veterinary Research**, v. 83, p. 298-312, 2019.